

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації експериментальних досліджень

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 621.317

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Туз Ю.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код та назва спеціальності)

на тему: Лабораторний стенд для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи

ВА-81мп

(шифр групи)

Шилін Євгеній Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент кафедри АЕД, к.т.н., доцент Стаценко О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант Розробка стартап-проекту д.е.н., доцент Бояринова К.О.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра автоматизації експериментальних досліджень
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ю.М. Туз
(ініціали, прізвище)

(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Шиліну Євгенію Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Лабораторний стенд для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем,
науковий керівник дисертації
Стаценко Олексій Володимирович, к.т.н, доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2019р.

3. Об'єкт дослідження Процес побудови, налаштування та програмування інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

4. Предмет дослідження Лабораторний стенд для побудови та дослідження роботи інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Аналіз існуючих підходів до побудови лабораторних стендів для дослідження інформаційно-вимірювальних систем. 2. Розробка структури лабораторного стенда для дослідження інформаційно-вимірювальних систем. 3. Розробка

програмного забезпечення для реалізації окремих задач функціонування інформаційно-вимірjuвальних систем. 4. Розробка стартап проекту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Презентація.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 тези доповіді на конференції та 1 наукова стаття за темою магістерської дисертації.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап проекту	Бояринова К.О.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтування наукової складової	01.09.2019-15.09.2019	
2	Розробка структури системи	15.10.2019-30.09.2019	
3	Розробка програмного забезпечення	01.10.2019-15.10.2019	
4	Розробка стартап проекту	15.10.2019-31.10.2019	
5	Оформлення дисертації	01.11.2019-25.11.2019	
6	Оформлення презентації та підготовка до захисту	25.11.2019-10.12.2019	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Реферат

Магістерська дисертація на тему: “Лабораторний стенд для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем”, 103 сторінок, 1 додаток, 18 джерел.

Об’єкт дослідження: Процес побудови, налаштування та програмування інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

Предмет дослідження: Лабораторний стенд для побудови та дослідження роботи інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

Мета роботи: Розробка підходів до побудови універсальних лабораторних стендів для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем.

Методи дослідження та апаратура: Робота з інформаційними джерелами з проблеми дослідження, методи математичного моделювання, розробки програмного забезпечення та основні положення інформаційно-вимірювальної техніки. Плата прототипування Arduino Uno, дисплейний модуль на базі мікроконтролеру HD44780, вимірювальні модулі DHT11, HC-SR04, XFW-HX711, TMP36, персональний комп’ютер, Arduino IDE, Fritzing.

Результати роботи та їх новизна: Розроблено структуру універсального стенду для дослідження інформаційно-вимірювальних систем, визначені підходи для розробки програмного забезпечення цих систем. Запропонована структура дозволяє формувати структуру досліджуваної інформаційно-вимірювальної системи та здійснювати її налаштування, програмування та дослідження, що в свою чергу забезпечує формування основних компетентностей при підготовці фахівців для спеціальності “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: Розроблений стенд може бути використаний при підготовці фахівців за спеціальністю “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка” в курсах “Інформаційно-вимірювальні системи” та інших.

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД, МОДУЛЬНА СТРУКТУРА,
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА, ВИМІРЮВАННЯ

Abstract

Master's thesis on the topic: "Laboratory stand for the study of the work of programmable information-measuring systems", 103 pages, 1 application, 18 sources.

Object of study: The process of construction, tuning and programming of information-measuring systems with microcontrollers.

Subject of research: Laboratory stand for construction and research of information-measuring systems with microcontrollers.

Purpose: Development of approaches to the construction of universal laboratory stands for the study of the work of programmable information-measuring systems.

Methods of research and apparatus: Work with information sources on the problem of research, methods of mathematical modeling, software development and basic provisions of information and measuring equipment. Arduino Uno prototype card, HD44780 microcontroller display module, DHT11, HC-SR04, XFW-HX711, TMP36 measuring modules, personal computer, Arduino IDE, Fritzing.

Results of work and their novelty: The structure of a universal stand for the study of information-measuring systems is developed, approaches for software development of these systems are defined. The proposed structure allows to form the structure of the studied information-measuring system and to carry out its tuning, programming and research, which in turn ensures the formation of basic competencies in the preparation of specialists for the specialty "Metrology and information-measuring technique".

Recommendations on the use of the results of the work: The developed stand can be used in the training of specialists in the specialty "Metrology and information-measuring technique" in the courses "Information-measuring systems" and others.

LABORATORY STAND, MODULAR STRUCTURE, INFORMATION AND
MEASUREMENT SYSTEM, MEASUREMENTS

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	11
1.1 Вимоги до підготовки фахівців з інформаційно вимірювальної техніки.....	11
1.2 Апаратні засоби для дослідження ІВС.....	12
1.3 Віртуальні стенди для дослідження ІВС.....	17
1.4 Постановка задач дослідження.....	21
2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ.....	22
2.1 Процесорний модуль.....	23
2.2 Вимірювальні модулі.....	26
2.3 Модулі виводу вимірних даних.....	35
2.4 Модуль зв'язку.....	38
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОКРЕМИХ ЗАДАЧ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	43
3.1 Основа програмного забезпечення.....	43
3.2 Розробка програмного забезпечення досліджуваних ІВС.....	47
3.2.1 Загальна структура програмного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем.....	48
3.2.2 Окремі програмні модулі.....	51
3.2.3 Приклад реалізації програмного забезпечення інформаційно-вимірювальної системи.....	62

4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ “ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ”.....	65
4.1 Опис ідеї проекту.....	65
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	67
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	68
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	77
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	80
4.6 Очікувана ефективність стартап проекту.....	85
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	95
ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ.....	97

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІВС - Інформаційно-вимірювальна система

ЗВТ - Засіб вимірювальної техніки

ПК - Персональний комп'ютер

АРМ - Автоматизоване робоче місце

AS - Actuator Sensor Interface

ЦАП - Цифро-аналоговий перетворювач

АЦП - Аналогово-цифровий перетворювач

ШИМ - Широтно-імпульсна модуляція

ПЗ - Програмне забезпечення

USB - Universal serial bus

VCC - Voltage common collector

GND - Ground

I2C - Inter-integrated circuit

TTL - Transistor-transistor logic

ВСТУП

Одним з найефективніших підходів для набуття студентами, що навчаються за спеціальністю “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”, необхідних компетентностей є виконання лабораторних робіт.

Актуальність теми. Сучасний лабораторний стенд має бути побудований, відповідаючи новітнім принципам побудови інформаційно-вимірювальних систем. Також він має бути програмованим для забезпечення можливості студентів отримувати відповідні навички з розробки програмного забезпечення. Не останнім є фактор варіативності лабораторних робіт, що може бути забезпечено змінною структурою приладу, що розробляється. Таким чином, існує необхідність у розробці лабораторного стенду для дослідження програмованих інформаційно-вимірювальних систем., що відповідатиме таким потребам.

Мета і задачі дослідження. Отже, метою даної магістерської дисертації є розробка підходів до побудови універсальних лабораторних стендів для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем. Задачами, що ставляться є : аналіз предметної області та існуючих рішень, розробка структури лабораторного стенду, описання принципів розробки програмного забезпечення для цього стенду та розробка стартап проекту на основі запропонованих рішень.

Об’єкт дослідження. Об’єктом даної роботи є процес побудови, налаштування та програмування інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

Предмет дослідження. Предметом дослідження виступає лабораторний стенд для побудови та дослідження роботи інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами.

Методи дослідження. В даній роботі будуть використані наступні методи дослідження: методи математичного моделювання, розробки

програмного забезпечення та основні положення інформаційно-вимірювальної техніки.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропонована структура дозволяє формувати структуру досліджуваної інформаційно-вимірювальної системи та здійснювати її налаштування, програмування та дослідження, що в свою чергу забезпечує формування основних компетентностей при підготовці фахівців для спеціальності “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений стенд може бути використаний при підготовці фахівців за спеціальністю “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка” в курсах “Інформаційно-вимірювальні системи” та інших.

Апробація результатів дисертації. Результати даної розробки обговорено на: XVIII Міжнародній науково-технічній конференції “Приладобудування: стан і перспективи”, XV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні”.

Публікації. Результати опубліковані: 1. Шилін Є.Л., Стаценко О.В. “Лабораторний стенд для дослідження мікроконтролерних інформаційних вимірювальних систем”./ Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ”, 10-11 грудня 2019 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. – 2019. с. 535-538. 2. Шилін Є.Л., Стаценко О.В. “Особливості побудови лабораторних стендів для дослідження роботи програмованих інформаційних вимірювальних пристроїв”./Збірник тез доповідей XVIII Міжнародної науково-технічної конференції “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 15 – 16 квітня 2019 р., Київ, Україна, 2019. с. 204-205.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Вимоги до підготовки фахівців з інформаційно вимірювальної техніки

Застосування і розвиток вимірювальної техніки завжди було обумовлено потребами практично всіх сфер людської діяльності. Контрольно-вимірювальні операції стали невід'ємною частиною технологічних процесів.

Для вирішення задач контролю, діагностики, визначення фізичних станів та багатьох інших, що собою являють задачі вимірювання, використовують різні спеціалізовані програмовані інформаційно-вимірювальні пристрої та системи.

Через стрімкий розвиток інформаційної техніки та технологій, що пов'язані з областю вимірювань та контролю, спостерігається також і деяка зміна у підходах до побудови сучасних ІВС. Оскільки такі зміни відбуваються постійно, існує значна потреба у висококваліфікованих спеціалістах, що матимуть змогу як управляти, так і розробляти найновітніші інформаційно-вимірювальні системи.

В Україні затверджено та введено в дію стандарт вищої освіти за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”.[1] Згідно з цим стандартом, ціллю навчання є підготовка фахівців, що будуть здатні розв'язувати комплексні складні задачі по розробці засобів інформаційно-вимірювальної техніки. Інструментами для цього мають бути сучасні засоби інформаційно-вимірювальної техніки, інструменти та обладнання для виготовлення та налаштування ЗВТ.

Основною (інтегральною) компетентністю, якою має володіти спеціаліст, є здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і проблеми у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, що

передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Спеціальними компетентностями за даним стандартом є:

- Здатність обирати та застосовувати придатні математичні методи, комп'ютерні технології, а також підходи до стандартизації та сертифікації для вирішення завдань в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки;
- Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань із застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки та прикладного програмного забезпечення;
- Здатність розробляти програмне, апаратне та метрологічне забезпечення комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем.

Найефективнішим підходом для набуття та закріплення вказаних компетентностей та результатів навчання є виконання лабораторних робіт, які полягають у створенні окремих вимірювальних каналів ІВС, їх налагодженні та дослідженні. Отже, існує потреба у розробці та створенні відповідного лабораторного стенду, що задовольняв би ці потреби.

1.2 Апаратні засоби для дослідження ІВС

На даний момент існують різні види лабораторних стендів, які в тій, чи іншій мірі надають змогу отримувати здобувачами вищої освіти навички у побудові та дослідженні окремих складових інформаційно-вимірювальних систем.

Загалом їх можна розділити на кілька видів за структурою та принципом побудови:

- 1) Модульні з використанням ПК

- 2) З використанням визначеного набору ЗВТ
- 3) На основі мікроконтролерів

Прикладом модульного лабораторного стенду на основі персонального комп'ютера можна назвати лабораторний стенд АРМ "Метролог".[2] Даний лабораторний стенд призначений для навчання майбутніх спеціалістів технологіям контролю лінійно-кутових деталей та здобуття навичок роботи з універсальними ручними ЗВТ з цифровою індикацією. Він являє собою набір спеціалізованих вимірювальних пристроїв, що за допомогою інтерфейсів мають можливість з'єднуватись з ПК. На персональний комп'ютер встановлюється спеціалізоване програмне забезпечення, що в свою чергу реалізує можливість здобуття студентами знань про методики автоматизованого аналізу якісних характеристик деталей та статистичних методів обробки результатів досліджень.

Основним недоліком стенду є те, що він не задовольняє потребу у здобутті компетентності, що направлена на вміння студентом розробляти програмне забезпечення для інформаційно-вимірювальних систем.

Також до недоліків даного лабораторного стенду можна віднести його вартість, оскільки в неї входять усі перелічені вище компоненти стенду, включаючи спеціалізоване програмне забезпечення.

Подібним до попереднього за структурою побудови лабораторним стендом є стенд "Промислові датчики температури".[3] Даний стенд призначений для вивчення первинних перетворювачів температури, промислових протоколів передачі даних та систем автоматизації студентами. До його складу входять: повітряна ємність з нагрівачем, вентилятор для охолодження повітряної ємності, дві термопари, біметалічний стрілковий термометр, мідний термометр опору, датчик температури з AS інтерфейсом, набір контролерів, регуляторів та інтерфейсів, а також програмне забезпечення.

За допомогою цього набору можлива реалізація лабораторних робіт, що направлені на дослідження датчиків температури, систем регуляції температури та дослідження програмованих логічних контролерів.

Однак, як і в попередньому прикладі, основним недоліком такого лабораторного стенду є програмне забезпечення, що не дозволяє цілком здобути здатність розробляти програмне та апаратне забезпечення студентами. Так само, додатковим недоліком є ціна, яка завищується за рахунок готового програмного забезпечення, що поставляється разом з даним лабораторним стендом.

Прикладом лабораторного стенду, що складається з визначеного набору засобів вимірювальної техніки можна назвати типовий комплект навчального обладнання “Електричні вимірювання та основи метрології”.[4]

Даний комплект складається з окремих функціональних модулів, які в свою чергу можуть в різних комбінаціях з’єднання виконувати роль тих чи інших інформаційно-вимірювальних систем. В цей набір входять модуль живлення, функційний генератор, трансформатори напруги та струму, мультиметр, ваттметр, схема вимірювального мосту, ЦАП та АЦП елементи та магазин опорів. Основною особливістю даного лабораторного стенду є принцип модульності у його будові.

Завдяки такому лабораторному стенду, студентами можуть бути виконані дослідження з вимірювань струмів та напруг у колах постійного, або змінного струму, вимірювань електричного опору в колах постійного, або змінного струму, дослідження з вимірювання параметрів елементів електричних кіл при синусоїдальній напрузі, а також дослідження вузлів цифрових вимірювальних пристроїв.

Загалом, принцип модульності конструкції є досить доцільним при розробці та виготовленні подібних приладів та систем, однак даний лабораторний стенд має суттєвий недолік. Він проявляється у відсутності

необхідних якостей, що сприяли б здобуттю студентами знань та умінь у роботі з програмованими ІВС та розробці програмного забезпечення для таких систем.

Прикладом лабораторного стенду, в основі якого лежить мікроконтролерний пристрій, можна назвати навчально-налагоджувальний стенд ST841/ПЛІС (V4.1).[5] Даний лабораторний стенд призначений для освоєння студентами архітектури та методів проектування ІВС, систем збору та обробки інформації на базі мікроконтролерів MCS-51/52. Він може бути використаний для вивчення вузлів мікроконтролерних ІВС та промислових інтерфейсів вводу-виводу. Також варіантом для використання такого стенду є розробка і налагодження апаратно-орієнтованого програмного забезпечення. Існує також можливість використання даного стенду для взаємодії з аналоговими та цифровими первинними перетворювачами. Зовнішній вигляд даного лабораторного стенду показано на рисунку 1.1.



Рис. 1.1 Зовнішній вигляд стенду ST841/ПЛІС (V4.1)

Даний лабораторний стенд являє собою друковану плату з розташованими на ній наступними функціональними елементами:

- Мікроконтролер ADuC841
- Програмована логічна матриця CPLD EPM3032
- Набір різноманітних підсилювачів сигналів
- Пристрої вводу
- Пристрої відображення
- Звукова система
- Шини даних (SPI, I2C, RS232, RS485)
- Цифрова периферія
- Виконавчі пристрої (ШИМ регулятор, драйвери двигунів та ін)

Проаналізувавши напрямлення лабораторних робіт, які пропонуються до реалізації з використанням даного лабораторного стенду, можна дійти висновку, що цей мікроконтролерний лабораторний стенд розроблений для

здобуття студентами навичок з розробки програмного забезпечення для програмованих ІВС. Однак ця система не надає в повній мірі можливості для отримування знань та умінь в розробці та побудові ІВС.

Через ці значні недоліки даний лабораторний стенд не відповідає вимогам для використання з ціллю набуття студентами необхідних компетентностей.

1.3 Віртуальні стенди для дослідження ІВС

Окремо варто відмітити такий вид лабораторних стендів, як віртуальні стенди. Їх особливістю є те, що вони представляють собою спеціальне програмне забезпечення, що симулює фізичні процеси, з яких користувачу необхідним чином потрібно отримувати інформацію про їх параметри. Часто такі лабораторні стенди можна використовувати для дистанційного навчання.

Найчастіше у електроніці для моделювання і дослідження електронних вузлів та приладів реалізується така модель, для якою достатнім є відтворення зовнішнього вигляду та елементів керування, а також відтворення математичної моделі залежностей між вхідними та вихідними величинами.

За допомогою таких віртуальних вимірювальних стендів забезпечується можливість досліджувати роботу вимірювальних приладів, їх поведінку та виявляти можливі проблеми при використанні.

Такі віртуальні стенди вигідніше всього розробляти за допомогою мов, що призначені для web-програмування. До таких мов можна віднести JS, Java, Python та інші. Перевагою у використанні подібних мов є те, що для використання кінцевим споживачем не буде необхідності у встановленні додаткового програмного забезпечення, окрім браузеру.

Яскравими прикладами віртуального лабораторного стенду можна вважати лабораторні стенди, що виконані на основі мови програмування LabView. Вона призначена для створення віртуальних графічних програм - віртуальних приладів, замість написання традиційних програм.

Одним з таких прикладів є лабораторна робота, що виконана на базі мови LabView та призначена для вивчення студентами принципів роботи з електроконтактним манометром.[6] Зовнішній вигляд віртуальної установки показано на рисунку 1.2.

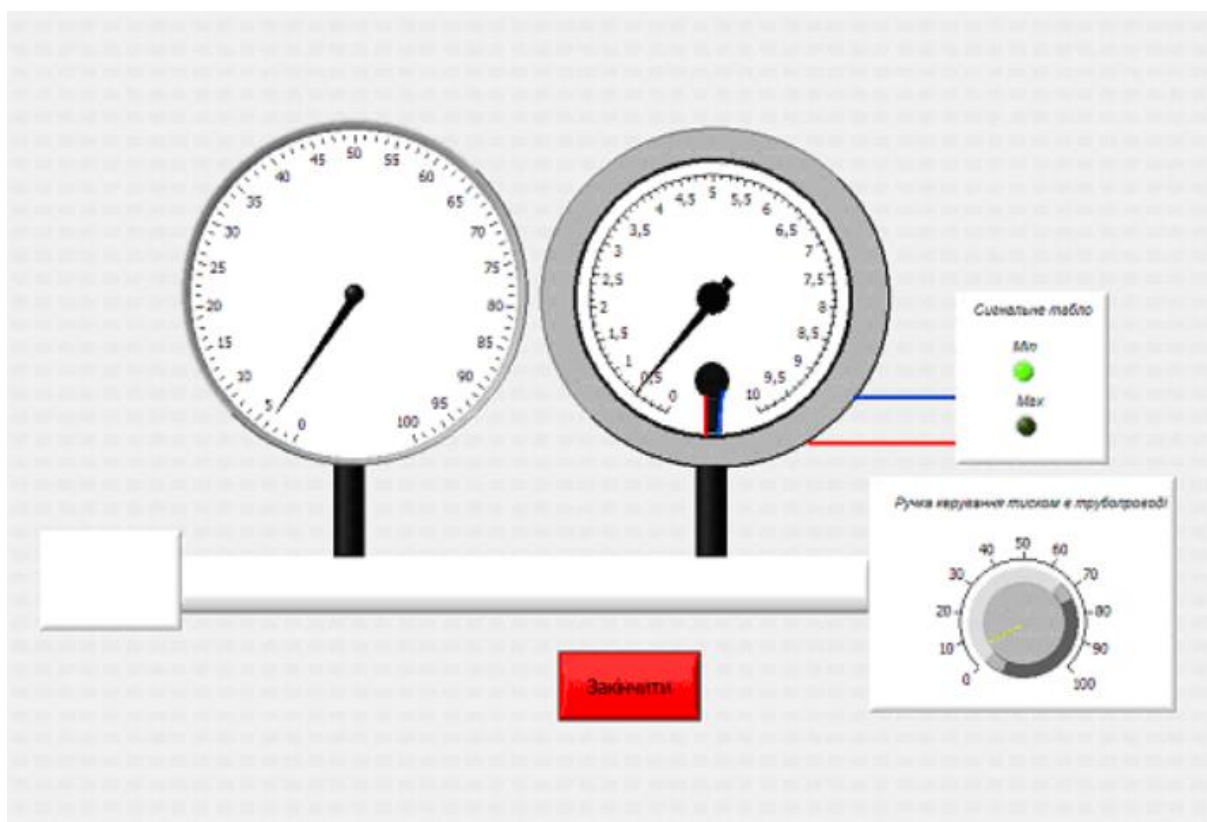


Рис.1.2 Зовнішній вигляд віртуального лабораторного стенду

В процесі виконання даної лабораторної роботи студенту пропонується визначення вимірюваної величини, а також перевірка електроконтактного манометра за зразковим аналогом.

Ще одним віртуальним лабораторним стендом, що розроблено з використанням мови програмування LabView є лабораторний стенд для реалізації методу зразкової міри при комплектній перевірці

вимірювального каналу.[7] Зовнішній вигляд інтерфейсу такого лабораторного стенду показано на рисунку 1.3.

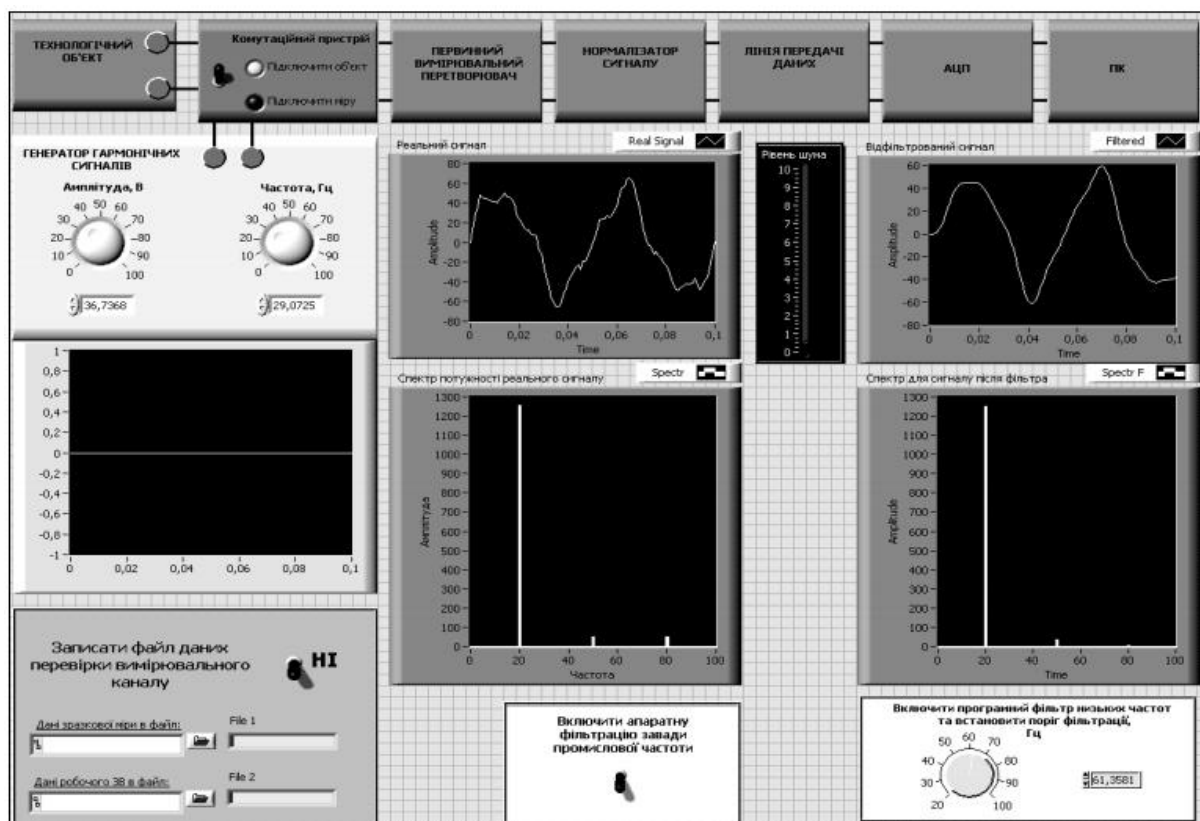


Рис. 1.3 Зовнішній вигляд інтерфейсу

На стенді для перевірки вимірювального каналу розташовані графічні індикатори, які відображають форми різних типів сигналів, що використовуються під час перевірки, а також інтерфейс генератора гармонічних сигналів та комутаційний пристрій. Відповідну блок-діаграму зображено на рисунку 1.4.

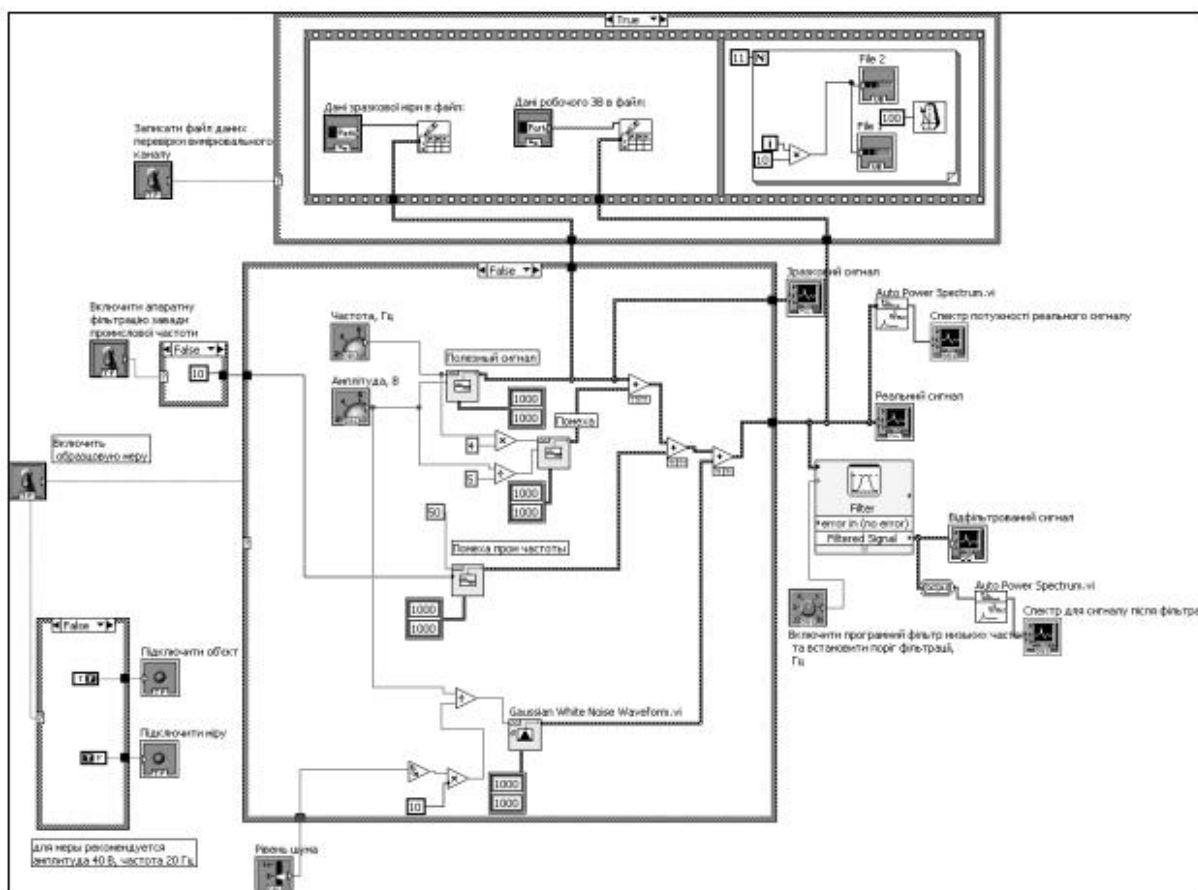


Рис. 1.4 Блок-діаграма лабораторного стенду

Також для забезпечення більш реалістичної роботи віртуальних лабораторних стендів можливим є реалізація інерційності математичних моделей та додання впливів сторонніх факторів.

Прикладом такого віртуального лабораторного стенду можна назвати стенд “Методи та засоби вимірювання тиску”.[8]

Віртуальний навчальний стенд дозволяє проводити практичні заняття з використанням ПК з ціллю реалізації різноманітних форм контролю знань. Він представляє собою ПЗ для операційної системи Windows. В даній програмі реалізовані вхідні тестові завдання за темою вимірювання тиску. Також дана програма дозволяє проводити лабораторні роботи на віртуальній експериментальній установці, яка містить в собі електричні принципові схеми, 3D моделі функціональних елементів та елементів вимірювання.

1.4 Постановка задач дослідження

Отже, найефективнішим підходом для набуття студентами-здобувачами вищої освіти рівня бакалавр за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка” відповідних до стандарту компетентностей, практичних прикладних знань та навичок, є виконання лабораторних робіт. Для виконання лабораторних робіт необхідним є наявність матеріально-технічного оснащення, яке відповідало б за забезпечення здобуття відповідних навичок та знань. Отже прийнято рішення до розробки такого лабораторного стенду, що відповідав би новітнім принципам побудови ІВС.

Насамперед лабораторний стенд, що розробляється повинен принципам модульної побудови. Таким чином задовольниться потреба у високій варіативності можливих побудованих на основі цього лабораторного стенду ІВС. Для цього необхідно обрати основу для лабораторного стенду та необхідні структурні блоки, що відповідатимуть за вимірювання та виведення інформації.

Дана система повинна бути побудована на основі мікроконтролерного блоку. Таким чином це задовольнить потребу у набутті компетентності, що пов’язана з розробкою програмного забезпечення, оскільки це буде необхідним кроком під час виконання лабораторних робіт.

В подальшому для розв’язання такої задачі необхідним є окреслення структури даного лабораторного стенду, розробка програмного забезпечення та розробка стартап проекту для даної системи.

2. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ

Основною направленістю при розробці структури лабораторного стенду для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем є модульність. Такий напрям було обрано з розрахунку на якомога більшу варіативність у розробці лабораторних робіт, які можна буде виконати, використовуючи дану систему.

Загалом система має складатись з наступних блоків:

- Процесорний модуль
- Вимірювальні модулі
- Модуль індикації
- Модуль взаємозв'язку

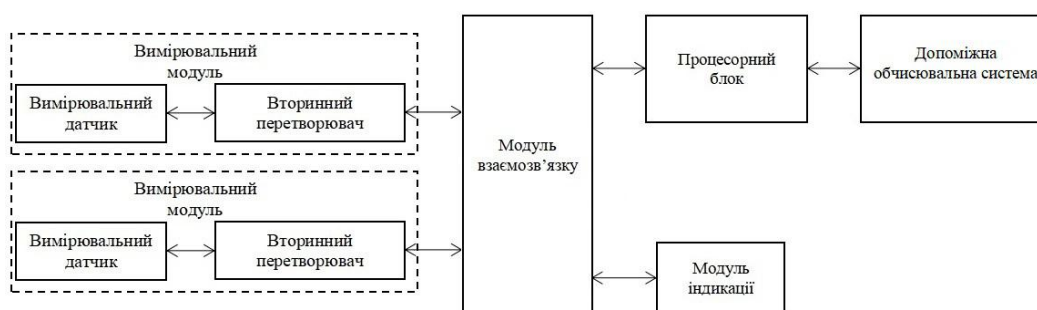


Рисунок 2.1 - Структурна схема лабораторного стенду

Також, існує можливість підключення системи до зовнішньої обчислювальної системи, наприклад до комп'ютера.

Як показано на рисунку 2.1, вимірювальні датчики та їх вторинні перетворювачі можна об'єднати у єдині блоки вимірювальних модулів. Розглядати їх таким чином зручніше, оскільки більшість вимірювальних датчиків, що в даній роботі пропонується використовувати, виконані на друкованих платах з встановленими на них вторинними перетворювачами. Також, при використанні деяких аналогових датчиків, аналогово-цифрове перетворення відбуватиметься за рахунок вбудованих в процесорний блок АЦП.

2.1 Процесорний модуль

Центральним органом даної системи буде саме процесорний модуль. На нього буде покладено функції ініціювання початку роботи системи, збору та обробки вимірюваних характеристик та передача цих даних до пристроїв виведення інформації.

За основу цього блоку буде взято мікропроцесорний модуль на базі процесору Atmega 328, а саме Arduino UNO Rev3.[9] Дана платформа була обрана для виконання описаних вище функцій через ряд своїх переваг: невисока ціна, в порівнянні з подібними мікропроцесорними системами, можливість побудови модульної системи на її основі, простота роботи.

Розглянемо технічні характеристики даної платформи.

Дана плата обладнана 8 бітним мікроконтролером Atmega328 з вбудованою флеш пам'яттю до 32 кілобайтів та об'ємом оперативної пам'яті 2 кілобайти.

Arduino Uno може отримувати живлення через підключення USB, або від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення обирається автоматично.

Зовнішнє живлення може подаватись через перетворювач напруги AC/DC, або з акумуляторної батареї. Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму 2,1мм з центральним позитивним полюсом. Акумуляторна батарея підключається до виводів Gnd та Vin роз'єму живлення.

Платформа здатна працювати з зовнішнім живленням від 6В до 20В. При напрузі меншій за 7В, вивід 5V може видавати менше 5В, при цьому плата прототипування буде працювати нестабільно. При використанні напруги більшої за 12В регулятор напруги може перегрітися та пошкодити плату. Рекомендований діапазон роботи плати від 7 до 12В.

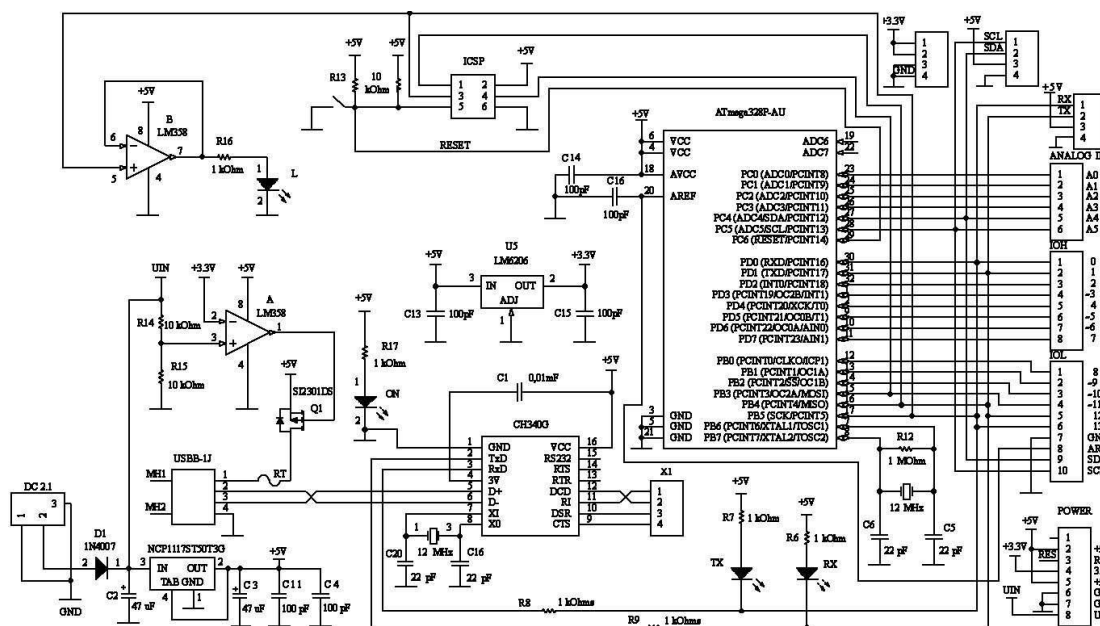


Рис.2.2 - Схема плати Arduino Uno

Виводи живлення:

- VIN Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела за відсутності напруги від USB, або будь-якого іншого регульованого джерела живлення. Подача напруги живлення відбувається саме через цей вивід.
- 5V Регульоване джерело живлення, що використовується для живлення мікроконтролера та компонентів на платі а також інших модулів, що можуть бути підключені.
- 3V3 Напруга на виводі 3,3В з максимальним рівнем струму, що споживається 50мА. Генерується вбудованим регулятором напруги на платі.
- GND Виводи заземлення.

Мікроконтролер Atmega328 має 32кБ флеш пам'яті, з яких 0,5кБ зарезервовано для зберігання завантажувача, а також 2кБ SRAM пам'яті та 1кБ EEPROM.

Кожен з 14 цифрових виводів Arduino Uno може використовуватись в режимах входу, або виходу. Виводи працюють при напрузі 5В. Кожний

вивід має навантажувальний резистор, що відключений за замовчуванням, з опором 20-50кОм та здатний пропускати струм до 40мА.

Деякі виводи мають спеціальні функції:

- Послідовна шина: 0(RX) та 1(TX) Виводи використовуються для прийому (RX) та передачі (TX) даних TTL. Ці виводи підключені до відповідних виводів мікросхеми послідовної шини Atmega8U2 USB-to-TTL.
- Зовнішнє переривання: 2 та 3. Данні виводи можуть бути сконфігуровані на виклик переривання або за молодшим значенням, або за переднім чи заднім фронтом, або при зміні значення.
- ШІМ: 3, 5, 6, 9, 10, 11. Кожен з цих виводів забезпечує ШІМ з розширенням 8 біт.
- SPI: 10(SS), 11(MISO), 12(MISO), 13(SCK). За допомогою даних виводів забезпечується SPI зв'язок за допомогою спеціалізованої бібліотеки.
- LED: 13. Вбудований світлодіод підключений до виводу 13. При високому потенціалі на цьому виводі, світлодіод горить.

На платформі Arduino Uno встановлено шість аналогових виводів, що позначені на платі A0..A5. Кожний з цих виводів має розширення 10 біт, тобто може приймати до 1024 різних значень. За замовчуванням виводи мають діапазон вимірювання до 5В відносно землі, але, тим не менш, існує можливість змінити верхню межу за допомогою виводу AREF. Так само, як і цифрові виводи, деякі аналогові мають спеціалізовані функції: I2C: 4(SDA), 5(SCL). За допомогою виводів забезпечується зв'язок I2C.

Також дана плата прототипування має пару додаткових виводів. Це AREF – опорна напруга аналогових виводів. А також Reset, що при низькому рівні сигналу на виводі перезавантажує мікроконтролер. Зазвичай використовується для підключення кнопки перезавантаження на

платі розширення. При цьому доступ до перезавантаження за допомогою вбудованої на плату прототипування кнопки, закривається.

На платформі Arduino Uno встановлено декілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino, або мікроконтролерами. Atmega328 підтримує послідовний інтерфейс UART TTL, що здійснюється через виводи 0(RX) та 1(TX). Встановлена на платі мікросхема Atmega8U2 направляє цей інтерфейс через USB, програми на стороні ПК підтримують зв'язок з платою через віртуальний COM порт. Програмне забезпечення Atmega8U2 використовує стандартні драйвери USB COM, тобто готова система не потребує допоміжних сторонніх драйверів.

Також Atmega328 має підтримку інтерфейсів I2C (TWI) та SPI. Arduino включає бібліотеку Wire для зручності використання шини I2C.

2.2 Вимірювальні модулі

Вимірювальні модулі складаються з вимірювальних датчиків та вторинних перетворювачів. В загальному випадку, вимірювальні датчики надають інформацію про вимірювану фізичну величину у вигляді аналогового сигналу. Інформативність такого сигналу забезпечується його рівнем, тобто залежністю величини вихідної напруги від вимірюваної фізичної величини.

Загалом існує велика кількість вимірювальних модулів, які можна використовувати у зв'язці з платформою Arduino UNO. Ці модулі спроможні вимірювати різноманітні фізичні величини, наприклад температуру, вологість, рівень звуку, відстань, освітленість та багато інших.

Вторинні ж перетворювачі слугують для перетворення такого аналогового сигналу на цифровий. Це забезпечується специфічним для

кожного вимірювального датчика набором електронних компонентів, а саме підсилювачів, аналогово-цифрових перетворювачів та ін.

Деякі вимірювальні модулі поставляються заводом виробником з відокремленими вторинними перетворювачами, як наприклад у випадку з тензOMETричним датчиком ваги та його допоміжним двоканальним модулем підключення таких датчиків HX711. В якому збір, обробка та передача вимірюваних величин до мікроконтролерного блоку проводиться безпосередньо на самому вторинному перетворювачі.

Однак, оскільки такі вторинні перетворювачі є досить специфічними і не мають змоги використовуватись з датчиками вимірювання інших фізичних величин, їх можна розглядати як одне ціле, а саме як єдині блоки вимірювальних модулів.

Загалом ці модулі поділяються на дві основні групи:

- Вимірювальні модулі з цифровим вихідним сигналом
- Вимірювальні модулі з аналоговим вихідним сигналом

Аналогові модулі генерують на виході сигнал, значення рівня якого є функцією від часу, а зміна такого сигналу відбувається неперервно. Так, аналогові датчики підходять для моніторингу характеристик, що змінюються безперервно. Наприклад, напруга на виводах термопари означає відповідну зміну температури.

Цифрові ж модулі генерують на виході сигнал, який можна представити у вигляді послідовності цифрових кодів. Часто такі сигнали - двійкові, тобто високий, або низький рівень сигналу. Передача інформації в такій формі краща, через меншу схильність до спотворень, оскільки на інформативність цих сигналів не впливають сторонні шуми, електричні наводки та ін.

Розглянемо кілька прикладів датчиків різного типу.

Модуль датчику вологості та температури DHT11

Датчик вологості та температури DHT11 являється цифровим датчиком, що складається з ємнісного датчика вологості та термістора.[10] Для перетворення аналогових значень температури та вологості, на ньому встановлено АЦП.

Зовнішній вигляд цього модулю представлено на рисунку 2.3.

Вимірювальні характеристики:

- Датчик здатен вимірювати відносну вологість зовнішнього середовища в діапазоні 20-90% з точністю $\pm 4\%$ при чутливості $\pm 1\%$;
- Вимірювання температури здійснюється в діапазоні $0..50^{\circ}\text{C}$ з точністю $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ та чутливістю датчику $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$.

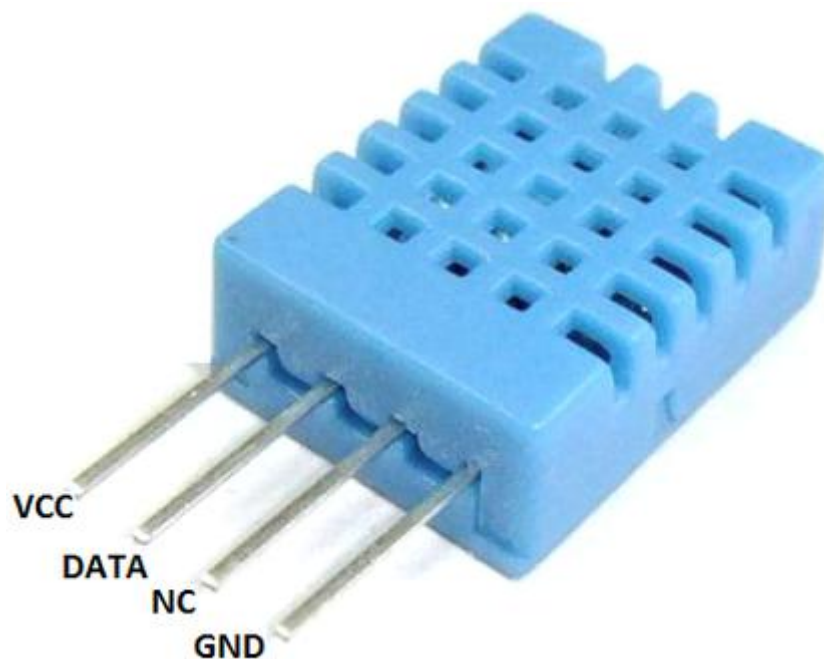


Рис.2.3 Датчик вологості та температури DHT11

Виводи вимірювального блоку датчика DHT11:

- VCC - використовується для живлення вимірювального модулю через лінію живлення 5,5В;

- DATA - вивід цифрової передачі інформації;
- NC - не використовується;
- GND - вивід заземлення вимірювального блоку.

Взаємодія з датчиком відбувається наступним чином: спочатку мікроконтролерний блок надсилає до вимірювального модулю стартовий сигнал, при цьому вимірювальний модуль переходить з режиму зниженого споживання енергії у робочий режим, очікуючи, доки мікроконтролер завершить надсилання стартового сигналу. Коли мікроконтролерний блок завершує передачу стартового сигналу, вимірювальний модуль надсилає до мікроконтролеру сигнал-відповідь, що складається з 40 біт даних, що включають в себе інформацію про вологість повітря в найближчому до нього оточенні та температуру.

Без спеціального стартового сигналу з мікроконтролеру, вимірювальний модуль DHT11 не розпочне передачу відповідних даних.

При передачі виміряних даних, вихідний сигнал з модуля DHT11 передається в форматі логічних одиниць та нулів. Логічним нулем при цьому є високий рівень сигналу тривалістю 26-28 мікросекунд, а логічною одиницею - високий рівень сигналу, тривалістю 70 мікросекунд. Біти даних при цьому розмежовуються низьким рівнем сигналу, тривалістю 50 мікросекунд.

Коли передача вимірюваних даних про вологість та температуру передані до мікроконтролеру, модуль переходить до режиму очікування, або іншими словами зниженого споживання енергії, очікуючи наступного стартового сигналу від мікроконтролеру.

Корпусі даного вимірювального модуля окрім датчиків температури та вологості знаходяться вторинні перетворювачі, що забезпечують вторинну обробку вимірюваних даних та передачу їх по протоколу 1-Wire.

Тензодатчик ваги

Даний тензометричний датчик ваги розрахований на вимірювання ваги до 2кг. Він являє собою алюмінієвий брусок з розміщеними на його бокових поверхнях тонкоплівковими резисторами, що з'єднані за мостовою схемою. На одному кінці його корпуса знаходиться отвір для жорсткого кріплення, а по середині один двоокруглий отвір, завдяки якому відбувається стиснення та розтягнення корпуса датчика. На іншому кінці алюмінієвого блока знаходиться кріплення для вантажу, вага якого буде вимірюватись. Датчик має чотири гнучкі виводи, що з'єднані з кожним резистором. Зовнішній вигляд даного пристрою зображений на рисунку 2.4.

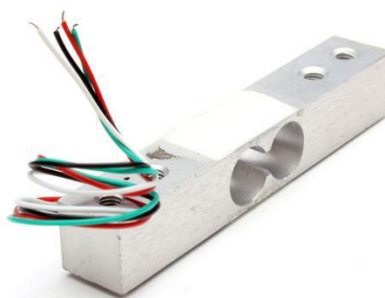


Рис.2.4 - Тензодатчик

Даний датчик має розміри 80x12.7x12.7мм. Імпеданс резисторів, що встановлені на корпусі становить $1000 \pm 50 \Omega$. Рекомендоване живлення 5-10В.

Робота датчика ваги основана на зміні деякого фізичного параметра, пропорційно до ваги, що прикладена до нього. Параметр залежить від того, який елемент використовується в датчику. Так, при зміні навантаження на п'єзокерамічну пластину, змінюється напруга, що знімається з електродів на кінці п'єзодатчика. При використанні ємнісного датчика вимірюється ємність змінного конденсатора. В даній конструкції використовується датчик ваги, виконаний на основі

пружного резистора та при зміні ваги змінюється його опір, а від цього, і напруга, що знімається з мостової схеми. Схема зображена на рисунку 2.5.

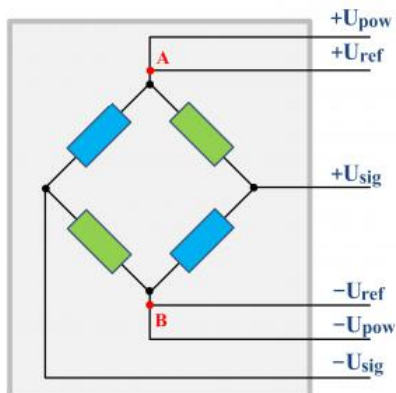


Рис.2.5 - Мостова схема тензодатчика

На даній схемі зеленим кольором показані змінні резистори, що відповідають за стиснення, а блакитним - за розтягнення. Відповідні чотири виводи датчика мають під'єднуватись до виводів інтегральної мікросхеми НХ711, яка виконує функцію вторинного перетворювача.[11]

Мікросхема НХ711 являє собою аналого-цифровий перетворювач з частотою дискретизації 24біт та вбудованим операційним підсилювачем. Зовнішній вигляд даної мікросхеми зображено на рисунку 2.6.

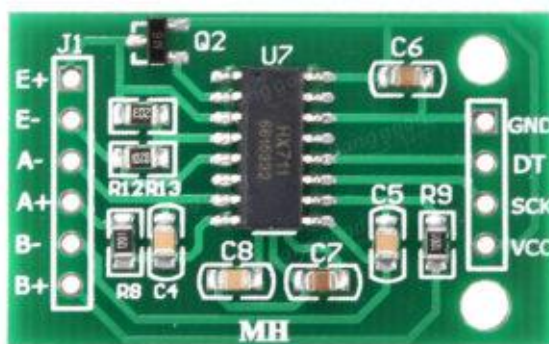


Рис.2.6 - Мікросхема НХ711

Оскільки резистори тензодатчика включені по мостовій схемі, з пристрою виходять 4 провідника. На два плеча моста подається опорна напруга, а з двох інших знімається вихідна напруга, що подається на вхід операційного підсилювача даної мікросхеми.

Для роботи даної схеми за платою прототипування Arduino Uno, контакти GND та VCC даної плати підключаються до відповідних виводів плати прототипування GND та 5V. Контакти DT та SCK, які є інформаційними, підключаються до аналогових виводів на платі прототипування.

Оскільки на виході з вимірювального мосту змінюється напруга, то саме вона перетворюється в двійковий код. Діапазон напруг залежить від обраного коефіцієнта підсилення.

Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04

Даний вимірювальний блок здатен визначати відстань до об'єктів шляхом ехолокації.[12] Він генерує звукові імпульси на частоті 40кГц та сприймає їх після того, як вони відбиваються від об'єкта спостереження. За часом проходження звукової хвилі до об'єкта спостереження та назад, до приймача сигналу, можливо однозначно визначити відстань до цього об'єкта.

Розрахунок відстані можна представити формулою:

$$S = \frac{t * V_3}{2}$$

(2.1)

Де:

- S - вимірювана відстань;
- t - час, який був витрачений на вимірювання;
- V_3 - швидкість звуку.

Навідміну від інфрачервоних датчиків відстані, результати вимірювань за допомогою цієї моделі не піддаються впливам зовнішніх факторів (таких як колір об'єкта, яскравість освітлення).

Діапазон вимірювання відстані цього датчика складає 2-400 см.

Основними елементами цього модуля є два елементи. Один з них - це елемент, що формує звуковий сигнал. Інший - це приймач цього ж

відбитого від об'єкту дослідження сигналу. Зовнішній вигляд цього модуля представлено нижче на рисунку 2.7.



Рис.2.7 HC-SR04 ультразвуковий датчик відстані.

Також на корпусі цього датчика представлено чотири виводи:

- VCC - вивід живлення модуля датчика.
- Trig - вивід цифрового входу.
- Echo - вивід цифрового виходу.
- Gnd - вивід заземлення модуля датчика.

В якості вторинного перетворювача використовується спеціалізована схема, що розміщена на платі даного вимірювального блоку. Принципова схема наведена на рисунку 2.8.

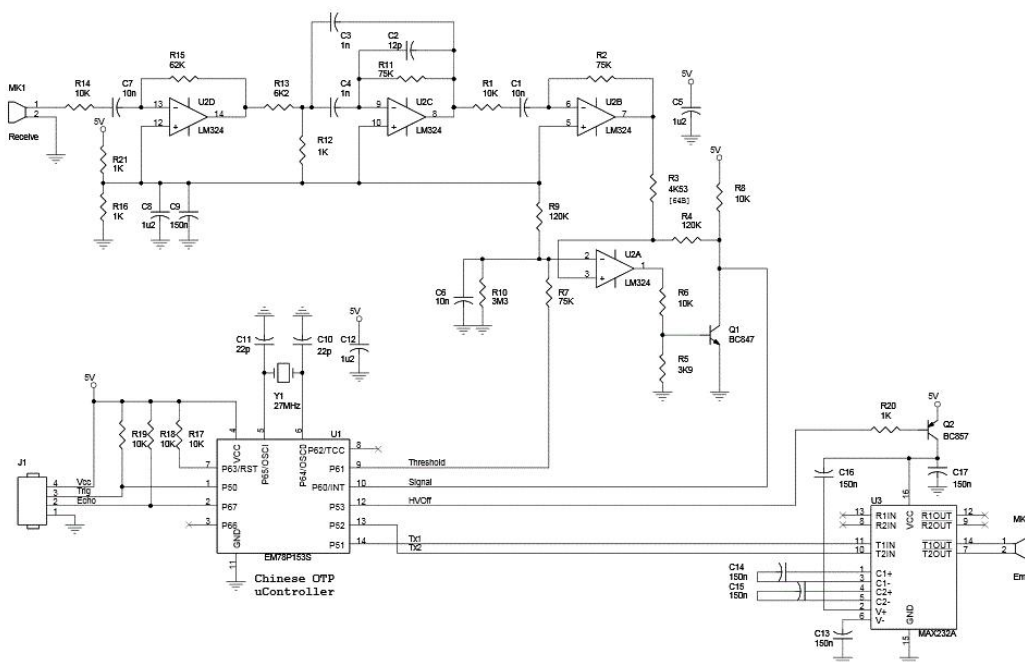


Рис.2.8 - Принципова схема вимірювального блоку HC-SR04

Взаємодія з цим модулем відбувається наступним чином: на вивід Trig мікроконтролером подається логічна одиниця на 10мкс, в цей момент модуль генерує вісім циклів ультразвуку з частотою 40кГц. В цей момент, на виводі Echo встановлюється високий рівень сигналу, який буде утримуватись до того моменту, поки ультразвукове випромінювання не буде зафіксоване приймачем, після чого він перейде у режим низького рівня сигналу. Вивід Echo - це інформаційний вивід, який використовується для підрахунку дистанції.

Вся ця інформація подається до мікроконтролерного блоку, який в свою чергу, використовуючи формулу, що була наведена вище розраховує дистанцію до об'єкта, від якого відбилися ультразвукові хвилі.

Аналоговий датчик температури TMP36

Даний датчик є низьковольтовим, прецезійним датчиком температури, вихідна напруга якого прямо пропорційна температурі в шкалі Цельсія.[13] Так, при підвищенні температури на 1°C, вихідна напруга датчика збільшиться на 10мВ.

Напругою живлення даного датчика є напруга рівня 2,7..5,5В, діапазон вимірювальних температур лежить у межах від -40°C до +125°C. Похибка вимірювання до $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Зовнішній вигляд датчика зображено на рисунку 2.9.



Рис.2.9 - Аналоговий датчик TMP36

Для взаємодії з мікроконтролерним блоком даному датчику не потрібні допоміжні вторинні перетворювачі, оскільки цей датчик являється аналоговим. Він підключається напряму до двох ліній живлення (+5V та виводу заземлення GND) та до виводу аналогового входу мікроконтролерного модулю.

Таким чином, вбудований в мікронтролерний блок АЦП перетворює вихідну напругу в цифровий код, який шляхом нескладних математичних перетворень представляється у вигляді температурних значень в градусах.

Для даного вимірювального модуля вторинні перетворювачі не потрібні, оскільки інформативні дані надходять напряму з датчика до плати прототипування.

2.3 Модулі виводу виміряних даних

Для виводу отриманих під час вимірювання даних для їх сприйняття людиною існує потреба у використанні відповідних пристроїв виводу інформації.

Видів таких пристроїв існує велика кількість. Від найпростіших логічних індикаторів (увімкнений, або вимкнений світлодіод), звукових сигналів, до пристроїв, що спроможні виводити декілька характеристик, що змінюються динамічно з часом, у вигляді відповідних графіків.

Для виконання лабораторних робіт, найбільш простими у використанні, але в цей же час найбільш функціональними є пристрої, що побудовані за допомогою семисегментних індикаторів, або невеликих рідкокристалічних дисплеїв. Розглянемо приклади таких пристроїв.

16x2 Character LCD

Даний рідкокристалічний екран на основі мікроконтролера HD44780 широко використовується у безлічі готових електронних засобів в якості пристрою виводу інформації.[14] Він представляє з себе модуль, що

складається з названого вище мікроконтролеру та безпосередньо самого дисплею. Мікроконтролер отримує цифрові сигнали та відображає відповідні символи на дисплеї. Дисплей модуля розділений на два рядки, кожен з яких, в свою чергу, розділений на 16 так званих комірок. Кожна комірка складається з набору (5x8) пікселів.

Зовнішній вигляд цього модуля представлено на рисунку 2.10.

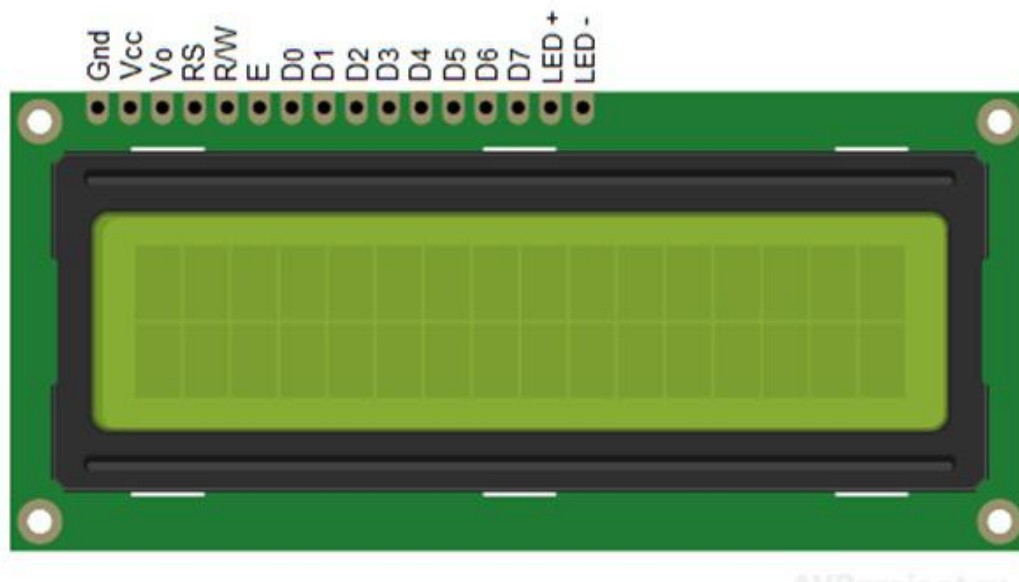


Рис.2.10 - (Рідкокристалічний дисплей 16x2)

Виводи модуля LCD 16x2:

- GND – заземлення;
- Vcc – напруга живлення +5В;
- Vo – напруга контрастності 0..+5В, даний вивід зазвичай підключається через постійний, або змінний резистор для регулювання контрастності дисплею;
- RS – вивід, за допомогою якого дисплейний модуль визначає, інформація якого складу поступає до його мікроконтролеру – дані, або команди;
- RW – вивід, за допомогою якого дисплейний модуль визначає його режим роботи – передачу, або отримання даних;
- E – лінія синхронізації;

- D0-D7 – шина даних, або команд;
- LED+, LED- - виводи для живлення підсвітки дисплею.

Даний модуль має змогу працювати в двох режимах : у 8 розрядному, або у 4 розрядному. У випадку його роботи в 8 розрядному режимі, використовуються усі контакти виводів D0-D7, а самі дані пересилаються за один такт. При роботі ж в 4 розрядному режимі, для обміну даними використовується лише 4 контакти виводів мікроконтролеру, а саме D4-D7. В такому режимі роботи дані передаються в два такти – спочатку 4 старших біти, а потім 4 молодших біта даних.

Модуль LED семисегментних індикаторів TM1637

Даний модуль представляє собою невелику плату, на якій встановлений LED 4-х розрядний семисегментний дисплей на основі драйвера TM1637.[15] Підключення до процесорного блоку відбувається за допомогою чотирьох виводів:

- CLK – цифровий вивід для передачі інформації;
- DIO – цифровий вивід для передачі інформації;
- VCC – напруга живлення 5В;
- GND – вивід заземлення.

Зовнішній вигляд модуля представлено на рисунку 2.11.

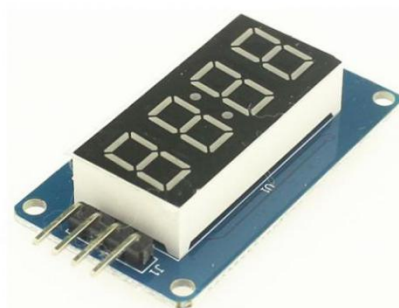


Рис.2.11 - Модуль семисегментних індикаторів

Для виведення отриманої під час вимірювань інформації, набагато зручніше використовувати саме LCD дисплей, оскільки він надає змогу надавати більшу кількість інформації. А саме виводити назву вимірюваної характеристики, її значення, а також одиниці вимірювання, чого не здатні семисегментні індикатори. Також, LCD дисплей розміром 16x2 комірок надає змогу виводити від однієї до чотирьох вимірюваних характеристик одночасно.

2.4 Модуль зв'язку

Для об'єднання усіх перелічених вище модулів у одну цільну вимірювальну систему, існує необхідність у використанні спеціального модуля зв'язку та передачі інформації всередині вимірювальної системи.

В простіших (не лабораторних) умовах найпростішим рішенням даної проблеми є використання макетної плати та звичайних провідників (джамперів).

Але, оскільки дана система має використовуватись як лабораторний стенд, як єдина цільна вимірювальна система, знадобиться дещо інше рішення.

Для забезпечення виконання різних лабораторних робіт студентами необхідно надати змогу конфігурування всієї системи. Наприклад, створивши можливість універсального підключення до процесорного модулю декількох цифрових та аналогових вимірювальних модулів (наприклад по два кожного), а також модуля індикації, студенти матимуть змогу досліджувати різні інформаційно-вимірювальні системи.

Таким рішенням може стати спеціальна друкована плата, яка підключатиметься безпосередньо до інформаційних виводів процесорного блоку, а також до виводів живлення. Таким чином, відбуватиметься як живлення підключених модулів вимірювання та виводу виміряних величин, так і безпосередній інформаційний зв'язок з основою даної розробки - платою прототипування.

Така технологія зв'язку з додатковими компонентами широко використовується при роботі з даною платформою. Однак, зазвичай такі плати використовуються як плати розширення функціоналу з предвстановленими на них специфічними електричними елементами.

Інша популярна назва для таких плат розширення - Arduino shield. На таких платах розширення встановлюються усі необхідні електронні компоненти, а взаємодія з мікроконтролером, або іншими елементами основної плати відбувається через стандартні виводи. Зазвичай живлення на плату розширення подається з основної плати Arduino, однак в багатьох випадках існує можливість живлення з інших джерел.

На ринку готових рішень існують декілька пропозицій, що з першого погляду підходять під потреби даної роботи. Однією з таких плат розширення є плата Arduino Sensor Shield.[16] Вона призначена для підключення до неї різних пристроїв Arduino, або аналогів таких приладів через стандартні інтерфейси. Зовнішній вигляд цієї плати розширення представлено на рисунку 2.12.

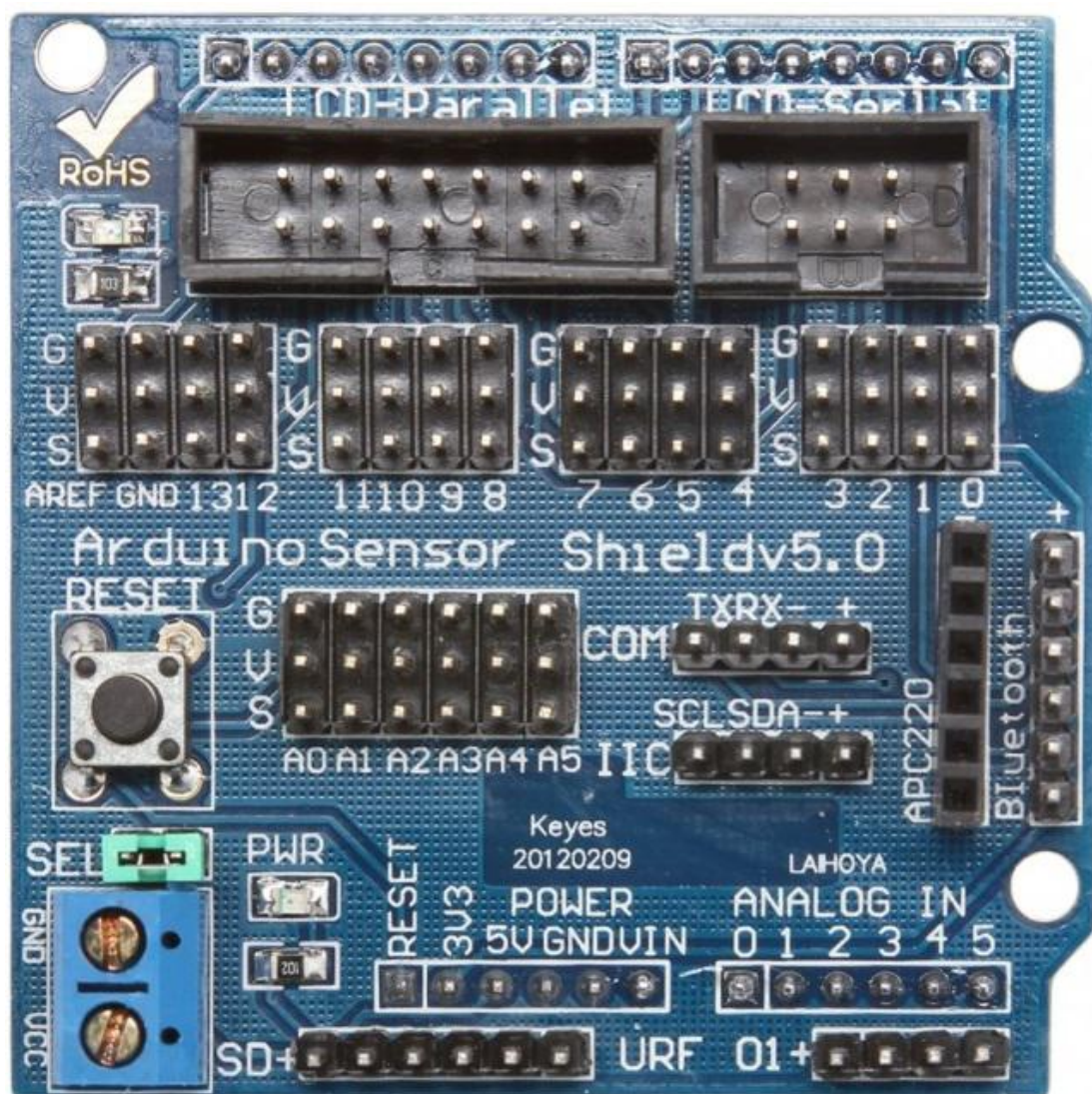


Рис.2.12 - Arduino Sensor Shield

Для використання даної плати розширення необхідно зібрати на її основі макет, підключаючи зовнішні пристрої до відповідних інтерфейсів плати. Далі до плати необхідно підключити Arduino контролер, або інший керуючий мікроконтролерний пристрій. Та на завершення подати живлення на плату або від плати прототипування, яка використовується, або ж від зовнішнього джерела живлення.

Керування платою розширення відбувається відповідною платформою, яка використовується. На платі знаходиться кнопка скидання параметрів, або перезавантаження RESET. Також на платі розміщені інтерфейси для підключення запам'ятовуючих пристроїв, виводи для цифрових пристроїв, аналогових, послідовна шина I2C, інтерфейс живлення для зовнішнього

джерела та для живлення з плати прототипування, інтерфейси підключення модулів безпроводного зв'язку стандартів Wi-Fi та Bluetooth, а також два інтерфейсу підключення LCD дисплеїв - один послідовний та один паралельний.

Однак усі перелічені вище виводи не є цілком придатними для роботи в рамках поставленої нами задачі. Виводи не розраховані для прямого підключення вимірювальних модулів, оскільки вони являють собою контакти типу “male” та не розташовані відповідно до виводів використовуваних у даній роботі вимірювальних модулів.

Отже, існує необхідність у розробці друкованої плати для підключення вимірювальних блоків та LCD дисплею для виведення вимірюваної інформації.

При розробці даної плати будемо відштовхуватися від набору модулів, що будуть підключатися. Зважаючи на потрібну нам в даній розробці варіативність вимірювальних модулів, що будуть використовуватись, отримаємо потрібну кількість, а саме по два аналогових та два цифрових модуля.

Для підключення всіх названих вище модулів, була розроблена відповідна друкована плата з виводами для підключення як інформаційних контактів, так і контактів живлення. Розведення друкованої плати зображено на рисунку 2.13, де ліворуч показано верхній шар друкованої плати, а праворуч - нижній шар.

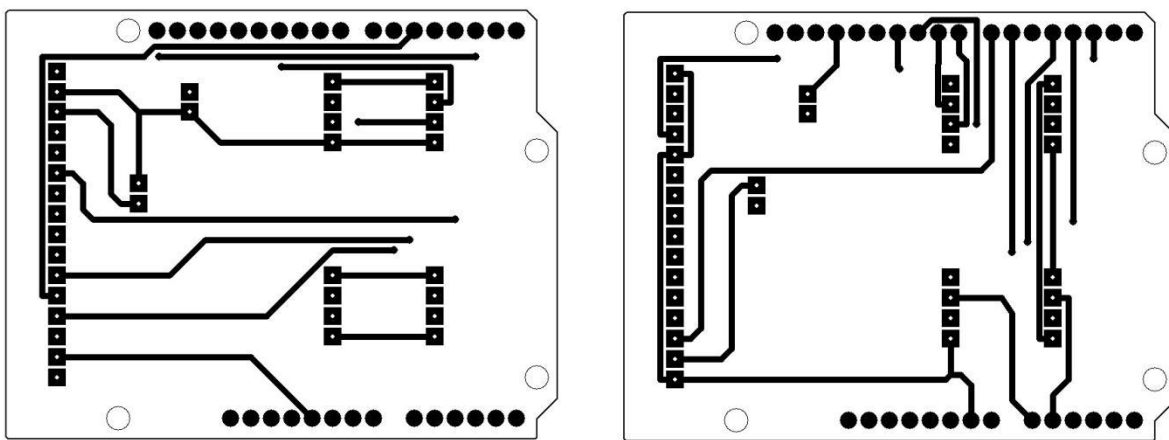


Рис.2.13 - Розведення друкованої плати

При виготовленні даної, або подібної друкованої плати, існує необхідність використовувати на місцях під посадку вимірювальних модулів спеціальні конектори типу female. Це є необхідним для забезпечення модульності, оскільки в загальному випадку вимірювальні модулі мають бути змінними.

Висновки до розділу.

Отже, метою даного розділу було визначення чітких напрямків розробки структури лабораторного стенду для дослідження роботи програмованих ІВС. Основним напрямком розробки обрано принцип модульності системи. За основу береться плата прототипування на базі мікроконтролера Atmega 328, а саме Arduino Uno.

Були визначені основні вимірювальні датчики, їх технічні характеристики та принципи їх підключення. Також були розглянуті принципи їх інформаційного з'єднання з мікроконтролерним блоком.

Також, визначено модуль виводу виміряних даних. З'ясовані аспекти використання додаткових вторинних перетворювачів.

Крім того, визначено напрям до виготовлення блоку з'єднання вимірювальних модулів та мікроконтролерного блоку. Ним стане друкована плата з відповідними необхідними інтерфейсами для підключення.

3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ОКРЕМИХ ЗАДАЧ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

В даній частині роботи пропонуються вирішення для програмних задач, що виникають в ході роботи. А саме - одночасне підключення до мікроконтролерного блоку декількох вимірювальних модулів, взаємодія з ними та отримування вимірюваних даних.

Оскільки кожний вимірювальний блок, що пропонується до використання, є унікальним і вимірює різні фізичні величини за допомогою різних методів вимірювання, з цього отримаємо висновок, що для взаємодії з кожним з них необхідні різні підходи.

Так, наприклад, аналоговий датчик температури TMP36 надсилає до мікроконтролерного модулю інформацію у вигляді напруги різного рівня, а цифровий датчик температури та вологості DHT11 у вигляді двійкового коду. Тобто з цього випливає, що навіть обробка отриманих даних має відбуватись відокремлено для кожного з вимірювальних модулів.

3.1 Основа програмного забезпечення

В даній роботі пропонується до використання в якості процесорного модулю до лабораторного стенду для дослідження програмованих ІВС плати прототипування Arduino UNO на базі мікроконтролерного елементу Atmega 328. Окрім мікроконтролеру на платі прототипування розміщені допоміжні елементи - кварцевий генератор, що задає частоту роботи процесора та інші допоміжні компоненти - резистори та конденсатори, які виконують фільтруючі та підтягуючі функції.

Для побудови будь-якої системи на базі мікроконтролеру потрібно пройти декілька етапів - підключити до виводів відповідні необхідні пристрої, завантажити на мікроконтролер необхідне програмне

забезпечення та забезпечити систему стабільним живленням. При розробці та конструюванні платформи Arduino були поставлені цілі до суміщення описаних вище потреб з простотою роботи та модульністю конструкції. Ці цілі були досягнуті шляхом розміщення на одній платі мікроконтролера, спеціального програматора для завантаження програмного забезпечення, USB порту та стабілізатора живлення.[17]

Початковим способом завантаження програмного забезпечення в мікроконтролер є завантаження за допомогою ISP (in-system programming) програматора, що завантажує прошивку напряму в пам'ять мікроконтролера. Даний спосіб є досить надійним, але він достатньо дорожчий і не настільки універсальний як той, що використовується в платформі Arduino.

Замість ISP програматора на платі встановлено USB-TTL перетворювач, що дозволяє платі прототипування обмінюватись даними з пристроєм, на якому проходить програмування (ПК). Тут зі сторони плати прототипування виступає транзисторно-транзисторна логіка, а на стороні комп'ютера USB шина.

Але при простому обміні даними неможливо запрограмувати мікроконтролер на виконання певних задач, тому в його пам'яті знаходиться спеціальний загрузчик. Він приймає дані, що надходять з зовнішніх джерел та завантажує їх на Flash пам'ять мікроконтролера.

При кожному запуску мікроконтролера, загрузчик очікує команду від комп'ютера на завантаження нового програмного забезпечення. Якщо ж така команда не надходить, продовжується робота з уже існуючим в пам'яті мікроконтролера програмним забезпеченням.

З такого методу впливає декілька мінусів. Загрузчик займає певний об'єм Flash пам'яті, що складає приблизно 6%. Також при подачі на плату прототипування живлення, мікроконтролер розпочинає роботу не одразу, а

очікує на команду від комп'ютера протягом деякого часу, перш ніж передати керування наявній в пам'яті програмі.

Обидва ці недоліки можна виправити частково, або повністю. Так, існує можливість використовувати неофіційний загрузчик, що займає менше пам'яті пристрою, а також розпочинає роботу швидше. Але при цьому не гарантується настільки ж стабільна, як у випадку використання стандартного загрузчика., робота. Також, існує можливість завантажувати скетчі напряму через ISP, в цьому випадку втрати місця не буде взагалі, так як загрузчик в пам'яті буде відсутній.

Повертаючись до USB-TTL перетворювача слід зазначити, чому саме такий спосіб був обраний розробниками цієї плати прототипування. Насамперед, мікросхема USB-TTL перетворювача має незначну вартість, в порівнянні з мікросхемами, що призначені для ISP. Однак, найважливіше в даній ситуації - це те, що використання USB-TTL надає нам можливість надавати та отримувати дані на плату прототипування з комп'ютера, телефона, планшета без використання додаткового устаткування. Тобто ми самі, напряму маємо можливість як керувати потрібними нам приладами, так і отримувати з плати Arduino дані про, наприклад, покази датчиків. Також не слід забувати, що при використанні цього підходу, ми отримуємо можливість налагоджувати, хоча б в ручному режимі, код.

Arduino програмується за допомогою мови програмування C(C++) з відповідним для нього синтаксисом. Вбудований сборщик, препроцесор та компілятор(avr-gcc) прощають велику кількість помилок. Велика кількість для управління виводами мікроконтролера, математика і деякі інші функції та макроси взяті з відкритого фреймворку для роботи з мікроконтролерами під назвою Wiring. Саме з нього, приблизно на 80% скомпоновано базовий набір інструментів для роботи з Arduino. В зв'язку з цим, розробники даної платформи називають мову "спрощеним C++", а також дали їй окрему назву - Arduino Wiring.

Слід зазначити, що використовувана при розробці програмного забезпечення для плат прототипування Arduino мова програмування досить сильно відрізняється від класичного C++. При компіляції коду створюється окремий файл, в якому знаходиться написаний код, що доповнюється необхідними налаштуваннями та деякими підключеними бібліотеками.

В загальному випадку, без допоміжних функцій Arduino, при використанні виводу в порт, в коді використовується робота зі строками та математичні операції, існує необхідність підключати відповідні модулі. Середовище Arduino робить це автоматично, при чому користувач про це може навіть не здогадуватися. Також компіляція проходить у декілька етапів, що дозволяє, наприклад, використовувати функцію до її оголошення.

Варто звернути увагу на те, що розробка програмного забезпечення для плат прототипування Arduino тісно пов'язана з використанням готових бібліотек, оскільки величезна спільнота за роки свого існування розробила велику кількість бібліотек “на всі випадки життя” та для всіх існуючих в продажу модулів та датчиків. Також, більшість виробників спеціалізованих датчиків та модулів для їх використання з платами прототипування розробляють самостійно відповідні бібліотеки.

Зазвичай, просто ознайомившись з документацією бібліотеки можлива розробка програмного забезпечення з її використанням. Однак цей підхід не є найкращим, оскільки “під капотом” у з першого погляду не складних функцій можуть знаходитись надзвичайно складні, заплутані та не оптимізовані підходи до розробки.

Основною програмою, як було зазначено вище, є ArduinoIDE. Дане середовище розробки розроблене спеціально для написання програмного забезпечення для плат прототипування. Розроблене воно на мові програмування Java, тому для використання кінцевим споживачем,

необхідно встановити відповідні допоміжні пакети. Також, через цей факт, дане середовище може завантажуватись досить довго та витрачати достатньо велику кількість оперативної пам'яті комп'ютера під час своєї роботи.

На фоні інших середовищ розробки, ArduinoIDE відрізняється відсутністю дерева файлової структури, оскільки це в принципі не є потрібним при розробці невеликих простих проектів, відсутністю рефакторинга, відсутністю автодоповнення коду та досить повільною компіляцією.

Цих недоліків позбавлені аналоги ArduinoIDE. Окрім відсутності описаних вище недоліків, у аналогів існують і свої, беззаперечні переваги.

Аналогами для розробки програмного забезпечення для плат прототипування Arduino є середовища OlatformIO, Programino IDE, MariaMole, B4R, Visual Studio Micro, XOD, Atmel Studio.

3.2 Розробка програмного забезпечення досліджуваних IBC

Під час виконання студентами лабораторних робіт на основі пропонуємого лабораторного стенду, існує певна послідовність дій при розробці програмного забезпечення.

Перед початком розробки програмного забезпечення лабораторного стенду студенту необхідно чітко окреслити його структур. Наступним кроком є визначення основних програмних модулів, що будуть використовуватись при розробці. Та безпосередньо написання програмного коду для завантаження на мікроконтролерний пристрій.

3.2.1 Загальна структура програмного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем

Нижче, на рисунку 3.1 приведено блок схему загальної структури програмного забезпечення для пропонуємого лабораторного стенду.



Рис. 3.1 Блок схема програмного забезпечення

На даній блок схемі зображено основні функції, які має виконувати програма, що розроблятиметься студентами під час виконання лабораторних робіт.

Логічно структуру програмного забезпечення можна розділити на чотири основні підпрограми:

1. Підпрограма ініціалізації.
2. Підпрограма отримання вимірюваних даних.
3. Підпрограма обробки результатів вимірювань.
4. Виведення результатів вимірювання.

Підпрограма ініціалізації складається з наступних необхідних функцій:

- а) Ініціалізація процесорного блоку. В цій частині програмного забезпечення відбувається налагодження внутрішніх вузлів плати прототипування, таких як порти вводу-виводу, АЦП, таймери та ін.
- б) Ініціалізація підключаємих модулів. В даній частині відбувається запис керуючих слів, що відповідають за налагодження вимірювальних модулів, якщо вони є програмованими та модуля виводу інформації.

Перша функція цієї підпрограми відповідає за програмне налагодження внутрішніх вузлів процесорного блоку. При використанні під час розробки програмного забезпечення середовища розробки ArduinoIDE, дана частина не є необхідною, оскільки це середовище має підключену бібліотеку Arduino.h, яка в свою чергу відповідає за ініціалізацію усіх необхідних внутрішніх компонентів та функції для роботи з ними. Однак, при використанні інших середовищ розробки та відмови від використання вище згаданої бібліотеки, необхідним кроком є саме ручна ініціалізація всіх необхідних компонентів та вузлів плати прототипування.

Друга функція відповідає за налагодження програмних зв'язків вимірювальними модулями та модулем індикації. Також дана функція виконує керування режимами роботи виводів програмованих вимірювальних модулів.

Підпрограма отримання вимірюваних даних в свою чергу поділяється, якщо це є необхідним, зважаючи на вимірювальний модуль, на:

- a) Надсилання мікропроцесором керуючих сигналів вимірювальним модулям.
- b) Отримання виміряних даних від модулів.

Перша частина даної підпрограми відповідає за керуючі сигнали. Так, для отримання виміряних даних з певних вимірювальних блоків необхідним є надсилання спеціальних керуючих сигналів, що ініціюватимуть початок вимірювання, або ж служитимуть відправною точкою у часі до початку вимірювання. Дані функції є обов'язковими лише для вимірювальних модулів з цифровими виводами, які потребують двостороннього зв'язку з мікроконтролерним блоком.

Друга частина підпрограми відповідає за зчитування інформації, що надходить у відповідний вивід мікроконтролерного модуля з блоків вимірювання.

Функції підпрограми обробки результатів вимірювання спрямовані на перетворення зчитаної з входів мікроконтролерного блоку, інформації в придатну для сприйняття людиною форму. Так, зазвичай такі перетворення представляють собою формули, за допомогою яких значення однієї величини перетворюються на значення необхідної. Наприклад, при вимірюванні відстані цифровим вимірювальним модулем HC-SR04, мікроконтролерний модуль отримує час, за який ультразвукові хвилі вийшли з генератора ультразвуку, відбилися від перешкоди та повернулись до приймача. Використовуючи ці дані та швидкість ультразвукових сигналів, можна вирахувати відстань до об'єкта, від якого ультразвук відбився.

Також, при використанні аналогового датчика TMP36, мікроконтролерний модуль отримує інформацію про рівень вихідної напруги на інформаційному виводі датчика. Використовуючи ці дані та спеціальну для цього датчика формулу, вираховується значення температури.

Останньою підпрограмою є виведення результатів вимірювання. За допомогою цієї програми, відбувається виведення інформації про виміряні фізичні величини на рідкокристалічний дисплей, що використовується.

3.2.2 Окремі програмні модулі

Існує декілька шляхів при розробці програмного забезпечення для лабораторного стенду, який пропонується.

Одним з них є написання програмного забезпечення з використанням готових бібліотек для роботи з обраними відповідними структурними блоками.

Як було зазначено вище, при роботі в середовищі розробки ArduinoIDE та використанні готової бібліотеки Arduino.h, не є необхідним ручне налагодження внутрішніх вузлів плати прототипування. Таким чином, при початку роботи з використовуваною платою, ініціювання налаштування роботи внутрішніх модулів відбувається автоматично.

Однак, існує шлях розробки програмного забезпечення без використання вбудованих бібліотек для роботи з внутрішніми модулями плати прототипування. При цьому ініціалізація процесорного блоку відбуватись автоматично не буде. Таким чином, необхідним буде написання програмного коду для налагодження роботи таких частин плати прототипування, як цифрові та аналогові інформаційні виводи, аналогово-цифрові перетворювачі, кварцевий генератор.

За описані вище функції плати прототипування при розробці з використанням готових бібліотек відповідають наступні команди:

- Для ініціювання роботи з цифровими виводами існує можливість використовувати наступний програмний код:

```
extern void initPins() {  
  //Вимикаємо переривання UART
```

```

system_set_os_print(0);
U0IE = 0;
U1IE = 0;

for (int i = 0; i <= 5; ++i) {
    pinMode(i, INPUT);
}
//Виводи 6-11 використовуються для SPI інтерфейсу
for (int i = 12; i <= 16; ++i) {
    pinMode(i, INPUT);
}
}

```

- Для налагодження роботи режимів роботи цифрових виводів використаємо наступний код:

```

extern void __pinMode(uint8_t pin, uint8_t mode) {
    if(pin < 16){
        if(mode == SPECIAL){
            GPC(pin) = (GPC(pin) & (0xF << GPCI));
            GPEC = (1 << pin);
            GPF(pin) = GPFFS(GPFFS_BUS(pin));
            if(pin == 3) GPF(pin) |= (1 << GPFPU);
        } else if(mode & FUNCTION_0){
            GPC(pin) = (GPC(pin) & (0xF << GPCI));
            GPEC = (1 << pin);
            GPF(pin) = GPFFS((mode >> 4) & 0x07);
            if(pin == 13 && mode == FUNCTION_4) GPF(pin) |= (1 << GPFPU);
        } else if(mode == OUTPUT || mode == OUTPUT_OPEN_DRAIN){
            GPF(pin) = GPFFS(GPFFS_GPIO(pin));
            GPC(pin) = (GPC(pin) & (0xF << GPCI));
            if(mode == OUTPUT_OPEN_DRAIN) GPC(pin) |= (1 << GPCD);
            GPES = (1 << pin);
        } else if(mode == INPUT || mode == INPUT_PULLUP){
            GPF(pin) = GPFFS(GPFFS_GPIO(pin));
            GPEC = (1 << pin);
            GPC(pin) = (GPC(pin) & (0xF << GPCI)) | (1 << GPCD);
            if(mode == INPUT_PULLUP) {
                GPF(pin) |= (1 << GPFPU);
            }
        } else if(mode == WAKEUP_PULLUP || mode == WAKEUP_PULLDOWN){
            GPF(pin) = GPFFS(GPFFS_GPIO(pin));
            GPEC = (1 << pin);
            if(mode == WAKEUP_PULLUP) {
                GPF(pin) |= (1 << GPFPU);
                GPC(pin) = (1 << GPCD) | (4 << GPCI) | (1 << GPCWE);
            } else {
                GPF(pin) |= (1 << GPFPU);
                GPC(pin) = (1 << GPCD) | (5 << GPCI) | (1 << GPCWE);
            }
        }
    }
} else if(pin == 16){

```

```

    GPF16 = GP16FFS(GPFFS_GPIO(pin));
    GPC16 = 0;
    if(mode == INPUT || mode == INPUT_PULLDOWN_16){
        if(mode == INPUT_PULLDOWN_16){
            GPF16 |= (1 << GP16FPD);
        }
        GP16E &= ~1;
    } else if(mode == OUTPUT){
        GP16E |= 1;
    }
}
}

```

- Для налагодження роботи з аналоговими виводами програмного блоку використовується наступний програмний код:

```

extern int __analogRead(uint8_t pin)
{
    if(pin == 17 || pin == 0) {
        return system_adc_read();
    }
    return digitalRead(pin) * 1023;
}

```

- Для ініціювання та налагодження роботи з таймером, що вбудовано на платформу Arduino Uno, придатним для використання є наступний програмний код:

```

SIGNAL(TIMER0_OVF_vect)
{
    unsigned long m = timer0_millis;
    unsigned char f = timer0_fract;

    m += MILLIS_INC;
    f += FRACT_INC;
    if (f >= FRACT_MAX) {
        f -= FRACT_MAX;
        m += 1;
    }

    timer0_fract = f;
    timer0_millis = m;
    timer0_overflow_count++;
}

unsigned long millis()
{
    unsigned long m;
    uint8_t oldSREG = SREG;

    cli();
    m = timer0_millis;
}

```

```

    SREG = oldSREG;

    return m;
}

unsigned long micros() {
    unsigned long m;
    uint8_t oldSREG = SREG, t;

    cli();
    m = timer0_overflow_count;
#ifdef TCNT0
    t = TCNT0;
#elif defined(TCNT0L)
    t = TCNT0L;
#else
    #error TIMER 0 not defined
#endif

#ifdef TIFR0
    if ((TIFR0 & _BV(TOV0)) && (t < 255))
        m++;
#else
    if ((TIFR & _BV(TOV0)) && (t < 255))
        m++;
#endif

    SREG = oldSREG;

    return ((m << 8) + t) * (64 / clockCyclesPerMicrosecond());
}

void delay(unsigned long ms)
{
    uint16_t start = (uint16_t)micros();

    while (ms > 0) {
        if (((uint16_t)micros() - start) >= 1000) {
            ms--;
            start += 1000;
        }
    }
}

```

Так само, існує можливість роботи з модулями, що підключаються, без використання стандартних бібліотек. Наприклад, для ініціювання та початку роботи з модулем індикації можливим є використання наступного програмного коду:

```

void begin(uint8_t cols, uint8_t lines, uint8_t dotsize) {
    if (lines > 1) {
        _displayfunction |= LCD_2LINE;
    }
    _numlines = lines;

    setRowOffsets(0x00, 0x40, 0x00 + cols, 0x40 + cols);

    if ((dotsize != LCD_5x8DOTS) && (lines == 1)) {
        _displayfunction |= LCD_5x10DOTS;
    }

    pinMode(_rs_pin, OUTPUT);
    if (_rw_pin != 255) {
        pinMode(_rw_pin, OUTPUT);
    }
    pinMode(_enable_pin, OUTPUT);

    for (int i=0; i<((_displayfunction & LCD_8BITMODE) ? 8 : 4);
++i)
    {
        pinMode(_data_pins[i], OUTPUT);
    }
}

```

При роботі з вимірювальними модулями так само існує можливість написання програмного забезпечення без використання готових бібліотек. Так, при роботі з аналоговими модулями, отримання інформації про виміряну фізичну величину відбувається завдяки використанню описаної вище програмної функції, що відповідає за зчитування інформації з аналогових виводів плати прототипування.

Такий обмін інформацією відбувається, наприклад, при роботі з аналоговим датчиком температури TMP36.

При роботі з вимірювальним модулем з цифровими виводами, таким як, наприклад, модуль вимірювання температури та вологості DHT11, без використання підключаємих бібліотек, пропонується використання наступного програмного коду:

```

float readTemperature(bool S, bool force) {
    float f = NAN;

    if (read(force)) {
        switch (_type) {
            case DHT11:
                f = data[2];

```

```

        if (data[3] & 0x80) {
            f = -1 - f;
        }
        f += (data[3] & 0x0f) * 0.1;
        if (S) {
            f = convertCtoF(f);
        }
        break;
    case DHT12:
        f = data[2];
        f += (data[3] & 0x0f) * 0.1;
        if (data[2] & 0x80) {
            f *= -1;
        }
        if (S) {
            f = convertCtoF(f);
        }
        break;
    case DHT22:
    case DHT21:
        f = ((word)(data[2] & 0x7F)) << 8 | data[3];
        f *= 0.1;
        if (data[2] & 0x80) {
            f *= -1;
        }
        if (S) {
            f = convertCtoF(f);
        }
        break;
    }
}
return f;
}

```

Даний програмний код призначений для отримання значень температури з вимірювального блоку DHT11. Для отримання інформації про вологість, пропонується використання наступного програмного коду:

```

float readHumidity(bool force) {
    float f = NAN;
    if (read(force)) {
        switch (_type) {
            case DHT11:
            case DHT12:
                f = data[0] + data[1] * 0.1;
                break;
            case DHT22:
            case DHT21:
                f = ((word)data[0]) << 8 | data[1];
                f *= 0.1;
                break;
        }
    }
}

```



```

    }
    return f;
}

```

Таким чином, існує можливість реалізації програмного забезпечення студентом без використання середовища розробки Arduino IDE, а також без використання вбудованих в нього стандартних бібліотек та бібліотек, що можна підключити.

Однак, при розробці програмного забезпечення студентом за допомогою вбудованих та підключаємих бібліотек, існує також певна послідовність дій.

Далі пропонується огляд поетапної розробки програмного забезпечення для лабораторного стенду, що складається з основи стенду - плати прототипування, блоку індикації даних - рідкокристалічного дисплею на основі мікроконтролеру HD44780 та вимірювальних модулів DHT11, HC-SR04 та TMP36.

Для початку роботи з рідкокристалічним дисплеєм, як і зазвичай у мові програмування C(C++) необхідно підключити бібліотеку до програми, що розробляється.

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

Далі, для ініціалізації підключення дисплею до відповідних виводів, використовується функція `LiquidCrystal()`, яка створює змінну типу `LiquidCrystal`. Керування LCD-дисплеєм може відбуватися по чотирьох, або по восьми провідній схемах. В першому випадку варто пропустити параметри `d0-d3`, залишив відповідні виводи на підключеними. Вивід `RW` можна також не підключати до плати Arduino та з'єднати його напряму з виводом заземлення. В такому випадку параметр `rw` в функції можна не вказувати.

Приклади синтаксису:

```
LiquidCrystal(rs, enable, d4, d5, d6, d7)
```

```
LiquidCrystal(rs, rw, enable, d4, d5, d6, d7)
```

```
LiquidCrystal(rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)
```

```
LiquidCrystal(rs, rw, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)
```

При цьому кожному параметру даної функції відповідає вивід плати прототипування, який з'єднаний з відповідним виводом LCD дисплею.

Для початку роботи з дисплеєм необхідною є функція `begin()`, що ініціалізує інтерфейс для взаємодії з LCD модулем та задає необхідні розміри (ширину та висоту) області виводу екрана. При роботі з LCD дисплеями, дана функція повинна обов'язково викликатись першою та передувати іншим командам з бібліотеки `LiquidCrystal`.

Синтаксис функції:

```
lcd.begin(n, m)
```

Де `n` - кількість столбців екрану, а `m` - кількість рядків екрана.

При підключенні до плати зв'язку, а через неї до плати прототипування модуля датчика вимірювання температури та вологості DHT11 слід також дотримуватись певної послідовності дій.

Так само, для роботи з даним модулем, існує готова бібліотека `DHT.h`. Після підключення цього модуля необхідно додати бібліотеку до програми, що розробляється та ініціювати вивід підключення, до якого фізично під'єднується даний вимірювальний модуль.

```
#include <DHT.h>
```

```
#define DHTPIN n
```

Де `n` - це номер виводу плати прототипування, до якого під'єднано модуль.

Для ініціювання модуля використовується наступна команда:

```
DHT dht(DHTPIN, DHT11);
```

При цьому, параметр `DHT11`, може змінюватись на `DHT22`, оскільки дана бібліотека є універсальною для сімейства DHT.

При підключенні модуля ультразвукового датчика відстані HC-SR04, необхідності у використанні сторонніх бібліотек немає. Для початку

роботи необхідним кроком є тільки ініціювання вводів та виводів інформаційних пінів.

```
#define Trig n
#define Echo m
```

Також необхідним є визначення режимів роботи пінів вимірювального модуля.

```
pinMode(Trig, OUTPUT);
pinMode(Echo, INPUT);
```

При підключенні аналогового датчика температури TMP36 необхідним кроком є тільки ініціювання відповідного аналогового виводу плати прототипування ArduinoUno.

```
#define Tmp36 A0
```

Надалі при роботі з даним датчиком необхідні дії виконуються без використання будь-яких сторонніх бібліотек.

Наступним кроком при виконанні лабораторної роботи студентом є отримання виміряних даних від підключених вимірювальних модулів. Слід зважати на те, що різні вимірювальні модулі використовують різні підходи до виводу вимірюваних величин.

Так, для отримання інформації про виміряну температуру та вологість від цифрового вимірювального модуля DHT11 необхідно скористатись вбудованими у відповідну бібліотеку командами, що повертають числові значення з типом даних float.

```
float h = dht.readhumidity();
float t = dht.readtemperature();
```

При цьому у змінні з іменами h та t записуються значення виміряних вологості та температури відповідно.

Для отримання значень відстані, що вимірюється ультразвуковим модулем HC-SR04 необхідно послідовно виконати декілька кроків.

По-перше необхідно подати мікроконтролером логічну одиницю на вивід Trig вимірювального модуля на час 10 мікросекунд. Перед цим бажано перевести рівень сигналу на низький, що надходить на цей вивід.

```
digitalWrite(Trig, LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(Trig, HIGH);
delayMicroseconds(10);
```

Після цього генератор ультразвукових імпульсів на модулі почне генерувати вісім циклів ультразвукового випромінювання, які будуть фіксуватися приймачем. Для фіксації часу, за який ультразвук вийшов з генератора та повернувся, відбившись від перешкоди, можна використати змінну, у яку і буде записуватись цей час. На виводі приймача при цьому буде встановлено високий рівень сигналу на час проходження ультразвуку від генератора до приймача.

```
duration = pulseIn(Echo, HIGH);
```

Далі, з отриманого часу проходження ультразвуку необхідно вирахувати відстань, використовуючи відповідну формулу (2.1).

```
dist = (duration / 2) / 29.1;
```

Так, у змінну `dist` запишеться значення виміряної ультразвуковим модулем відстані до об'єкта.

Для отримання вимірних значень температури з датчика температури TMP36 необхідним є дотримання наступної послідовності дій.

Для початку, необхідно отримати значення напруги, що надходить безпосередньо з датчика, використовуючи стандартну команду та записати її значення у змінну для подальшої обробки.

```
int reading = analogRead(Tmp36);
```

Де `Tmp36` - ініційований раніше номер аналогового виводу плати прототипування.

Наступним кроком є перетворення отриманих вимірних даних у напругу.

```
float voltage = reading * a;
```

В даному випадку змінна a - це значення напруги, яка подається для живлення датчика та може становити 5В, або 3.3В, в залежності від обраного виводу живлення.

Тепер, останнім кроком є перетворення отриманого значення напруги у значення температури. При цьому треба зважати на те, що при зміні температури на один градус Цельсія, напруга змінюється на 10мВ, а також на те, що датчик має “відступ” від нуля на 500мВ для вимірювання від’ємних значень температури.

```
float tempC = (voltage - 0.5) * 100;
```

На даному етапі в змінну tempC записується значення виміряної температури у градусах Цельсія.

Останнім кроком при розробці програмного забезпечення студентом, що виконує лабораторну роботу, використовуючи пропонований лабораторний стенд, є виведення інформації про виміряні величини на екран модуля LCD монітора. Для цього у зазначеній вище бібліотеці LiquidCrystal існують готові команди для виведення інформації на екран.

```
lcd.print();
```

Також для допомоги у виведенні інформації про усі виміряні величини існують допоміжні функції даної бібліотеки, наприклад функція, що очищає екран та переводить курсор у лівий верхній кут.

```
lcd.clear();
```

А також функція, що переміщує курсор у задане положення.

```
lcd.setCursor(col, row)
```

Де параметру col відповідає координата X позиції курсора, а параметру row відповідає координата Y позиції курсора.

Так, за допомогою таких функцій можливо організувати одночасне виведення значень вимірюваних величин на один екран.

3.2.3 Приклад реалізації програмного забезпечення інформаційно-вимірювальної системи

Для прикладу пропонується реалізація програмного забезпечення для інформаційно-вимірювальної системи. Система, що пропонується, складається з модуля виведення інформації - LCD монітора, цифрового модуля вимірювання температури та вологості DHT11, аналогового модулю вимірювання температури TMP36 та модуля ультразвукового вимірювання відстані HC-RS04

```
#include <DHT.h> //Підключення бібліотеки DHT11
#include <LiquidCrystal.h> //Підключення бібліотеки
//LiquidCrystal

#define Tmp36 A0 //Ініціювання підключення датчика до виводу A0
#define DHTPIN 8 //Ініціювання підключення модуля до виводу 8
#define Trig 9 //Ініціювання підключення модуля до виводу 9
#define Echo 10 //Ініціювання підключення модуля до виводу 10

DHT dht (DHTPIN, DHT11); //Ініціювання як модуль DHT11
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); //Ініціювання підключення
//виводів дисплеяного модуля до плати

void setup() //Ця частина програми виконається один раз
{

    dht.begin(); //Початок обміну даними з модулем DHT11

    pinMode(Trig, OUTPUT); //Визначення режиму роботи виводу
    pinMode(Echo, INPUT); //Визначення режиму роботи виводу

    lcd.begin(16, 1); //Початок обміну даними з дисплем
    lcd.clear(); //Очищення дисплею
}

void loop() //Ця частина програми буде виконуватись циклічно
{
    int reading = analogRead(Tmp36); //Зчитування з датчика
    float voltage = reading * 5.0; //Перетворення значень
    float tempc = (voltage - 0.5) * 100; //Перетворення значень

    float h = dht.readHumidity(); //Зчитування значення вологості
    float t = dht.readTemperature(); //Зчитування значення
    //температури
```

```

    digitalWrite(Trig, LOW); //Встановлення низького рівня
//сигналу
    delayMicroseconds(5); //Затримка 5 мкс
    digitalWrite(Trig, HIGH); //Встановлення високого рівня
//сигналу
    delayMicroseconds(10); //Затримка 10мкс
    digitalWrite(Trig, LOW); //Встановлення низького рівня
//сигналу
    float duration = pulseIn(Echo, HIGH); //Зчитування часу
    float dist = (duration / 2) / 29.1; //Перетворення часу у
//відстань
    lcd.clear(); //Очищення дисплею
    lcd.print("Temp: "); //Виведення температури з модуля DHT11
    lcd.print(t);
    lcd.setCursor(8, 0); //Встановлення курсору в позицію (8,0)
    lcd.print("Hum: "); //Виведення вологості з модуля DHT11
    lcd.print(h);
    lcd.print("%");

    lcd.setCursor(0, 1); //Встановлення курсору в позицію (0,1)
    lcd.print("Dist: "); //Виведення відстані з модулю HC-SR04
    lcd.print(dist);
    lcd.print("cm");

    lcd.setCursor(8, 1); //Встановлення курсору в позицію (8,1)
    lcd.print("Temp: "); //Виведення температури з модуля TMP36
    lcd.print(tempc);
    lcd.print("`C");

    delay(100); //Затримка 100мкс
}

```

Висновок до розділу

Метою даного розділу було розв'язання завдання щодо розробки програмного забезпечення для лабораторного стенду для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем. А саме роботи програмного забезпечення при одночасному підключенні декількох вимірювальних модулів та модуля виведення інформації.

Були розглянуті специфічні аспекти, що можуть виникати під час завантаження програмного забезпечення для плати прототипування Arduino Uno. Також визначені основні інструменти для розробки програмного забезпечення.

Продemonстровано приклад розв'язання задачі з побудови програмованої інформаційно-вимірювальної системи.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ “ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ”

4.1 Опис ідеї проекту

Враховуючи технічний та програмний потенціал пропонуємої системи, в цьому розділі розглянуто розуміння ідеї стартапу з її комерціалізації. Програмований лабораторний стенд має низку напрямків застосування та можливість принести вигоду користувачу.[18]

Доцільність та вигоду в загальних рисах наведено в таблиці 4.1. З цієї інформації можливо зрозуміти зміст ідеї, що висувається, варіанти застосування, переваги та інновації які надаються даним стартапом.

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Лабораторний стенд для дослідження роботи з програмованими ІВС	Вимірювання, обробка та представлення даних	Отримування навичок та умінь
	Побудова вимірювальних систем	Модульність конструкції
	Програмованість системи	Розробка програмного забезпечення

Отже, пропонується новий лабораторний стенд для дослідження роботи інформаційно-вимірювальних систем. Така технологічна розробка повинна бути спроектована таким чином, щоб мати можливість стати бізнес проектом.

З огляду на високу затребуваність, іноваційність та доцільність використання таких систем, інсує актуальна можливість у створенні рентабельної підприємницької діяльності. Тому пропонується розробка стартап проекту на основі даної роботи, який матиме низку застосувань, широкі можливості до вдосконалення та використовує новітні технології.

Саме тому важливим розділом магістерської роботи є розробка стартап проекту. Для цього розглядаються рішення для розробки перспективного проекту з ринковою актуальністю, перспективністю, організованістю, фінансовим аналізом, планом для просування пропозиції інвесторам, аналізом ризиків і можливостей, маркетинговим плануванням.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

/п	Техніко - економі чні характе рис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слаб ка с торо на)	N (н ейтра л ьна ст орона	S (с ильна ст орона)
		Мі й пр оект	М atrox	R Рі	Ф ріланс			
.	Вартість розробки	18 000	35 000	27 000	22 000	-	-	+
.	Час розробки	4 Місяці	10 Місяці в	8 Місяці в	6 Місяці в	-	-	+
.	Технологічність	В исока	В исока	В исока	Н изька	-	+	-
.	Торгова марка	Не відома	Ві дома	Ві дома	Не відома	+	-	-

Отже, з проаналізованих вище чотирьох основних характеристик проекту, дві з них є сильними сторонами розробляемого в даному розділі роботи стартап проекту, одна нейтральною та одна слабкою. Це показує, що в даному проекті домінуючими є сильні сторони, що в свою чергу вказує на доцільність його розробки та високі шанси досягти успіху.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В даному підрозділі проводиться аудит технічних особливостей, спектра можливих технологічних рішень. Для аналізу здійсненності проекту використаємо таблицю.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проек- ту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність техно- логій
1.	Лабораторний стенд для досліджен ня роботи програмов аних ІВС	Сучасна платформа	+	+
		Програмне забезпечення	+	+
		Сучасні датчики	+	+
		Програмова ні блоки	+	+
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Модульна програмована система на основі сучасної лплатформи та новітніх датчиків.				

Використання підходу модульності конструкції у побудові подібних систем є досить інноваційним з огляду на ринок. Використання сучасних

мікроконтролерних платформ не є інноваційним, але для актуальності даної системи на ринку, це є найбільш ефективним рішенням. З такою ж метою в даному проекті також використовуються новітні технології у розробці програмного забезпечення, сучасні датчики та програмовані блоки. Всі вищевказані технології є доступними для використання та мають можливість бути використаними в даному стартап проекті.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	60
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	17000000
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільно зростаюча
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20%

Розглянувши дану таблицю стає зрозуміло, що ринок подібних систем налічує достатньо велику кількість конкурентів та є зростаючим. Звичайно, основну конкуренцію складатимуть компанії-гіганти та компанії, що використовують інноваційні технології в цій сфері.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5).

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відміннос ті у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Вимірювання, обробка та представлення даних	Глобаль ні системи	Надійність	Надійність та якість
2	Розробка програмного забезпечення для готових систем	Системи	Вартість	Варіативніс ть у структурі системи
3	Навчання	Навчаль ні заклади	Вартість	Доступність

Не зважаючи на широкий спектр потреб у різних сферах, існує чітке усвідомлення, що даний проект має можливість задовольнити усі представлені потреби. Доступність та варіативність конструкції закладаються

як основні характеристики при розробці даної системи, а надійність та якість потребують спеціальних зусиль на етапі безпосередньої побудови.

При Розробці даної системи існують певні загрози. (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Ринок	Складність найняти персонал	Унікальні умови праці
2.	Конкуренти	Складність запропонувати вигідніші умови	Безкоштовна гарантія та підтримка продукції
3.	Збут продукції	Складність поставок комплектуючих	Поставка комплектуючих без посередників
4.	Застарілість технології	Поява новітніх технологій	Розробка з урахуванням розвитку технології
5.	Не відомість	Клієнт не дізнається про компанію	Потужна маркетингова стратегія

В наведеній вище таблиці зображено основні фактори ризику, що можуть з'явитися та нашкодити стартап проекту під час виходу на ринок. Для кожного фактору запропоновані протидії компанії, які мають покращити становище проекту в складних ситуаціях. Проаналізувавши результат, проект доцільно вважати надійним.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Швидкий притік клієнтів	Збільшення кількості клієнтів	Збільшення кількості персоналу
2.	Поява надійних постачальників	Стабільні поставки комплектуючих	Збільшення кількості виробленого товару
3.	Популяризація мікроконтролерних систем	Збільшення кількості клієнтів	Курс на сектор навчальних закладів
4.	Покращення існуючих бібліотек	Збільшення швидкодії систем	Використання більш оптимізованих програм
5.	Збільшення видів вимірювальних датчиків	Вироблення більш різноманітних продуктів	Поява нових клієнтів

Враховуючи перелічені вище ризики та порівнюючи їх з можливостями, можна дійти висновку, що стартап покриває ризики своїми можливостями.

При виході на ринок з новим продуктом, одним із найважливіших факторів є розуміння конкурентноздатності свого продукту та можливості швидкої його адаптації. Також важливо враховувати їх можливий вплив на стан ринку. Детально наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Складність	Жорстока боротьба за клієнта	Особливості пропозиції
Насиченість	Велика кількість конкурентів	Оригінальність
Спеціалізованість	Великий досвід роботи з клієнтами	Залучення експертів
Стабільність китів	Відсутність бажання до змін	Демонстрація переваг

В даній сфері ринку спостерігається серйозна конкуренція, оскільки більшість компаній на ринку вже давно, мають стабільних клієнтів та постачальників багато років. Через високий середній прибуток спостерігається жорстка боротьба за клієнтів. В приведеній вище таблиці зображено дії для покращення конкурентноздатності компанії.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Analog Devices	Dallas Semiconductor	D-Robotics UK	Amperka	Віртуальні вимірювальні системи
Висновки:	Потужний конкурент	Конкурент в майбутньому	Виробник мікросхем	Надає обладнання для споживача	Системи використовуються біля користувача

У наведеній вище таблиці зображено потужних на даний момент гравців на ринку. З таблиці видно можливості для конкурентної гри для компанії.

Для забезпечення позитивних результатів на ринку, а також для підвищення конкурентноспроможності компанії продемонструємо фактори, що дадуть спроможність це забезпечити.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Запропонована ціна нижче середньої на ринку
2	Час розробки	Замовників цікавить мінімальний час виготовлення
3	Підтримка	Надання довготривалої підтримки та програмного оновлення продукту
4	Варіативність	Можливість використовувати лише потрібний функціонал продукту
5.	Технології	Використання найновіших технологій та підходів

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Ба ли 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Analog Devices						
			3	2	1		1	2	3
	Ціна	16						+	
	Час розробки	19				+			
	Варіативність	17						+	
	Підтримка	15	+						
	Технології	14				+			

З таблиць 4.10 та 4.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нових технологій у розробці лабораторного стенду для вивчення роботи програмованих ІВС. Основною перевагою та головним досягненням є низька ціна продукту та варіативність конструкції приладу.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці сильних (Strength), та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), пов'язаних з його здійсненням).

SWOT-аналіз стартап проекту представлений у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Вартість розробки 2. Час розробки	Слабкі сторони: 1. Не відомість торгової марки
Можливості: 1. Швидкий притік клієнтів 2. Поява надійних постачальників 3. Популяризація мікроконтролерних систем 4. Покращення існуючих бібліотек 5. Збільшення видів вимірювальних датчиків.	Загрози: 1. Складність найняти персонал 2. Складність запропонувати вигідніші умови 3. Складність поставок комплектуючих 4. Поява новітніх технологій 5. Клієнт не дізнається про компанію

Даний перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складений на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не

є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: складність запропонувати вигідніші умови – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо спаду попиту на систему від нашої компанії, особливо в верхній ціновій категорії, це призведе до посилення значущості функціональних можливостей системи при її продажі, щоб максимально розширити коло можливих клієнтів та збереже розробку систем на рентабельному рівні.

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	6 місяців
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Середня	2 місяці
3	Стратегія виходу з ринку	-	2 місяці

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Споживачами проекту обрано організації, що можуть використовувати лабораторний стенд з вивчення роботи програмованих ІВС у своїй роботі. Оскільки проект зосереджується на одному сегменті, обрано стратегію концентрованого маркетингу. Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційн их клієнтів	Готовні сть споживачів сприйняти продукт	Орієнто вний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенси вність конкуренції в сегменті	Простот а входу у сегмент
1	Вищі навчальні заклади	Так	Високий	Висока	Просто
2	Серед ні навчальні заклади	Ні	Низький	Висока	Складно
<p>Які цільові групи обрано: навчальні заклади</p> <p>Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із навчальними закладами.</p>					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільову групу вищих навчальних закладів. Ця група має найвищий попит на продукцію та є відносно простою для входу в сегмент. Незважаючи на високу конкуренцію вибір вважаю доцільним.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформуванати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Стратегія спеціалізації передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок.	Стратегія односегментної концентрації передбачає вибір як цільового одного ринкового сегмента і зосередження на ньому діяльності компанії.	Здешевлення виробництва, збільшення варіативності розробляємої системи.	Стратегія концентрованого зростання (стратегія, яка пов'язана зі зміною продукту і (або) ринку).

В даній таблиці можна спостерігати обрані стратегії розвитку. Базовою стратегією обрано стратегію концентрованого зростання, з постійним

покращенням матеріальної бази продукту, який буде вироблятись. Альтернативою розвитку проекту є напрямленість на конкретну сферу начальних закладів.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Забирати існуючих споживачів	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

При прийнятті стратегії зайняття конкурентної ніші компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів. Головна особливість – малий розмір сегментів/сегменту. В даному випадку, оскільки було обрано напрямок до розвитку у межах одного сегменту, обрано саме таку стратегію конкурентної поведінки.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формуванні ринкової позиції, за якою споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Дешевизна, варіативність конструкції, вдосконалення програмного забезпечення	Стратегія концентрованого зростання	Ціна, варіативність системи	Ціна Технології Варіативність

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Модульна а програмована IBC	Вирішення проблем отримання навичок та знань	Сучасні технології, модульна конструкція

Провівши детальний аналіз потреб клієнтів, проаналізувавши ринок та дослідивши продукти конкурентів, можна зробити висновки щодо вирішення проблем отримання відповідних до потреб, навичок та знань, розроблений лабораторний стенд з використанням сучасних технологій та модульної конструкції.

Таблиця 4.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Модульний програмований лабораторний стенд		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Н м	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Масштабованість	Нм	Тх
	Модульність	М	Тх
	Швидкодія	Нм	Тх
	Підтримка масового	Нм	Тх

	використання		
	Довговічність (немає строку давності)	Нм	Тх
	Якість: відповідає нормам ДСТУ 3021-95		
	Пакування: Мікроконтролерний блок, набір вимірювальних модулів, модуль зв'язку, інструкції до використання, програмне забезпечення.		
	Марка: "MehLabs" зареєстрована ТМ. Під ТМ "MehLabs" випускаються сучасні програмні та технічні рішення.		
ІІІ. Товар із підкріпленням	До продажу с: Консультація з можливості інтегрування		
	Після продажу: Підтримка товару		

Розібравши модель товару на три рівні, Товар за задумом являє собою модульний програмований лабораторний стенд. Товар у реальному виконанні має п'ять основних властивостей, одна з яких є матеріальною, а інші - не матеріальні. Якість товару нормується ДСТУ 3021-95. В пакування входять мікроконтролерний блок, набір вимірювальних модулів, модуль зв'язку, інструкції до використання та програмне забезпечення. Також на третьому рівні наведені переваги товару для споживача.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, що передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.20).

Таблиця 4.20 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	6000 грн	2000 грн	15000 грн	1100/4500 грн
2	1700 грн	1500 грн	9000 грн	900/1600 грн
3	11000 грн/міс	11000 грн/міс	200000 грн/міс	5000/8000 грн/міс

Товари-замінники коштують надто дорого, щоб враховувати їх при утворенні ціни. Середня ціна на продукти сягає 2000 грн, а доходи потенційних покупців починаються від 15000 грн. Також розглянутий варіант виробництва стендів для сфери вищих навчальних засобів, але знайдені ціни не враховують ціну програмного забезпечення, так як відображають ціну обладнання. В третьому випадку наведені ціни підтримки віртуальних вимірювальних систем в місяць.

Таблиця 4.21 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимал ьна система збуту
1	Звичайна повторна закупівля	Організація руху товару	1	Дистриб уція через посередника
2	Нова закупівля	Доставка до поштового	0	Дистриб уція через

		відділення		інтернет
3	Клієнти в невідомих, або ризикованих ринках	Встановлення контактів зі споживачами і підтримання їх. Формування попиту і стимулювання збуту.	1-3	Дистрибуція через посередника

Після проведення аналізу, знайдено оптимальні методи збуту продукції. Нова та звичайна повторна закупівлі відрізняються, так як для повторної закупівлі очікуване значне збільшення обсягу продукції. Нові закупівлі очікуються у виконанні через інтернет, а повторні через посередника, а саме - транспортну компанію. Також розглянуті функції збуту готовою продукції для клієнтів в невідомих, або ризикованих ринках.

Таблиця 4.22 Концепція маркетингових комунікацій

п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Компанії, що користуються товарами конкурентів	Конференції, веб-пошук, електронна пошта, телефон	Розсилка листів з пропозиціями до обговорення нової співпраці	Деемонстрація технічних та технологічних переваг продукту над	Демонстрація можливої вигоди при використанні нашої продукції

				продуктами конкурентів	
	Компа нії, що зацікавлені у закупівлі нового обладнанн я	Конференції , веб-пошук, електронна пошта, телефон	Розсилка листів з пропозиціям и до потенційної співпраці, інтернет реклама	Демонс трація переваги продукту у ціні в сукупності з перевагами у технологічн ості над продуктами конкурентів	Порів няльні характерис тики з продуктам и конкуренті в

Проаналізовані концепції створять гарне підґрунтя до початку нових ринкових взаємин з потенційними клієнтами. Однак, основним направленням є залучення до співпраці компаній, які користуються послугами, або товарами компаній-конкурентів. Оскільки також на ринок виходять безліч нових компаній, то слід швидко знаходити та пропонувати вигідні для них умови співпраці.

4.6 Очікувана ефективність стартап проекту

Оскільки стартап є інноваційним проектом, то для нього можна застосувати існуючі показники оцінки ефективності такого проекту.

Для проведення розрахунків ефективності за проектом необхідно:

- 1) визначити статті доходів, що визначаються бізнес-моделлю стартапу і прогнозованими обсягами продажів;
- 2) розбити витрати за проектом на постійні та змінні.

Дохід:

- Продаж мікроконтролерних систем.
- Продаж програмного забезпечення.
- Підтримка систем

До постійних витрат відносяться ті витрати, загальна сума яких за певний час не залежить від кількості виготовленої продукції.

- Оренда приміщень.
- Реклама
- Зарплата постійних працівників компанії (інженери, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати представляють собою витрати, загальна сума яких за певний час залежить від обсягу виготовленої продукції.

- Закупка обладнання, яке необхідне для виготовлення комплексного обладнання;
- Витрати на електроенергію;
- Зарплата робочих;

При отриманні необхідного фінансування ми отримаємо наступну фінансову ситуацію при розробці лабораторного стенду:

Постійні витрати:

- 8 000 грн/міс - Оренда приміщень.
- 10 000 грн/міс - Реклама
- 70 000 грн/міс - Зарплата постійних працівників компанії (інженери, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати на виробництво одного комплексного обладнання:

- 500 грн - мікропроцесор;
- 2 000 грн - зарплата робочих;
- 200 грн - вимірювальні модулі;

Дохід:

- 4 000 грн - відпускна вартість системи + пдв 1 000 грн

Обсяги виробництва продукції на перші 5 місяців наведено в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 Обсяги виробництва продукції

Показник	Значення по місяцях, тис. грн.				
	1	2	3	4	5
Загальна потреба в продукції, шт.	50	150	500	1500	5000
Ціна одного набору мікроконтроллер + вимірювальні модулі + ПЗ тис грн.	4	4	4	4	4
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	200	600	2000	6000	20000

Визначимо витрати, необхідні для реалізації поточної діяльності за проектом.

Таблиця 4.24 Виробничі витрати

№ з/п	Стаття витрат	Сукупні витрати за період місяців, тис. грн.				
		1	2	3	4	5
1	Загальногосподарські витрати, оплата праці постійного персоналу	5	10	15	20	25
1.1	Витрати на оренду та утримання приміщень, обладнання	20	40	60	80	100
1.2	Витрати на збут, просування та рекламу	10	20	30	40	50
2	Витрати на матеріальні ресурси (комплектуючі, сировина)	50	100	150	200	250
3	Витрати на оплату праці	70	140	210	280	350
Разом:		155	310	465	620	775

Точка безбитковості відображає обсяг виробництва інноваційної продукції, при досягненні якого виручка від реалізації покриває сумарні витрати на її виробництво. Розрахунок точки безбитковості року проводиться за формулою:

$$Tб = \frac{c}{p-v} \quad (4.1)$$

де C – постійні витрати на весь обсяг продукції (ті, які не залежать від обсягу виробництва продукції – загальногосподарські витрати та витрати на оплату праці); P – ціна одиниці продукції; V – змінні витрати на одиницю продукції.

$$T_6 = C / (P - V) = 88 / (5 * 3) = 5.9x \text{ (Проектів)} \quad (4.2)$$

Графік ефективності проекту наведений на рис. 4.1.

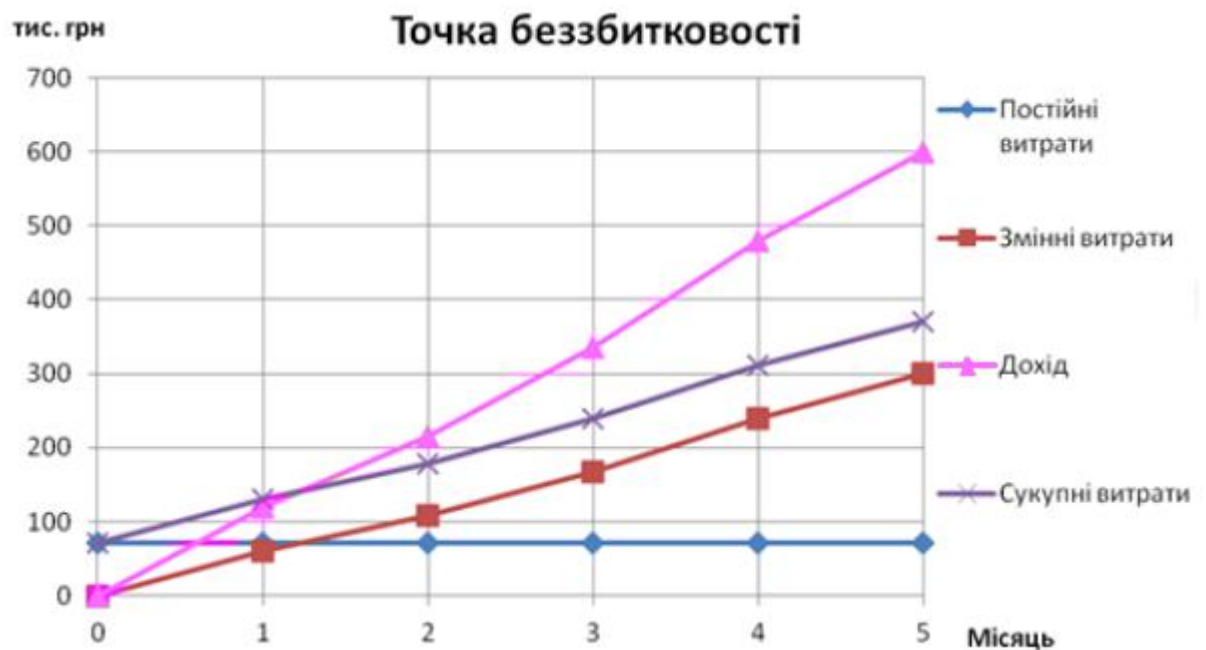


Рис. 4.1 Точка беззбитковості проекту

Визначимо формування грошового потоку від реалізації проекту.

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект. Розрахунок чистого дисконтованого доходу наведений в таблиці 4.25.

Таблиця 4.25 Формування грошового потоку від реалізації проекту

№	Показник	Значення по місяцях					Разом
		1	2	3	4	5	
1	Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг) \	125	250	375	500	625	1750
2	Загальні витрати	480	180	240	310	370	1580
3	Грошовий потік	-360	38	100	170	230	170
4	Акумуляований грошовий потік	-360	-323	-22 6	-57	170	-

Оскільки $NPV > 0$ протягом розрахункового періоду, то даний інноваційний проект доцільно прийняти.

Індекс рентабельності інвестицій в проект (ROI, Return On Investment) характеризує рівень грошового потоку, що припадає на одиницю інноваційних витрат і обчислюється за формулою (4.3), коли інвестиція здійснюється багато разів:

$$ROI = \sum_T D_t / \sum_T I_t \quad (4.3)$$

де D_t – надходження у відповідному періоді;

I_t – інвестиція у відповідному періоді.

Індекс рентабельності за 5 місяців:

$$ROI = 1753/1582 = 1,11 \quad (4.4)$$

Показник $ROI > 1$, отже даний інноваційний проект доцільно прийняти. Даний критерій ROI використовують при виборі певного проекту із декількох альтернативних, у яких NPV приблизно однакові.

Період окупності інвестицій (Ток) – це розрахунковий термін від початку реалізації проекту, починаючи з якої акумульований грошовий потік (ACF) приймає стійке позитивне значення. Іншими словами, це – період (вимірюваний в місяцях, кварталах або роках), починаючи з якого первинні вкладення та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними результатами його здійснення.

Термін окупності розраховується за формулою :

$$T = t + |ACF_{t-}| / (|ACF_{t-}| + |ACF_{t+}|) = 4 + 58 / (59 + 171) = 4.25 \quad (4.5)$$

де t – останній періоду реалізації проекту, при якому акумульований грошовий потік (різниця накопиченого доходу і витрат) приймає від'ємне значення;

ACF_{t-} – це остання від'ємна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.);

ACF_{t+} – це перша позитивна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.).

Отже, на 5-му місяці після початку реалізації проект повністю окупить себе.

Для реалізації описаного стартап проекту не виникає гострої потреби у фінансуванні:

Разові витрати:

- Обладнання: 3000 грн.

Постійні витрати

- Електроенергія та комунальні послуги – 1000 грн\міс

- Оренда приміщень - 7 000 грн\міс.

Висновок до розділу

Розглянувши усі аспекти розробки стартап проекту запропонованої в даній роботі системи, можна відмітити, що дана система має можливість до своєї комерціалізації. Такі системи мають свій попит, хоча і у досить вузькому сегменті, але при цьому динаміка ринку досить стабільна, оскільки такі прилади будуть потрібні завжди. Оскільки вартість розробки та виробництва таких систем досить невисока, це забезпечує досить високу рентабельність цього проекту в якості комерційної ідеї.

З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження та стан конкуренції у цьому сегменті, можна сміливо сказати, що розглянутий вище стартап проект має цілком потужну конкурентноспроможність і гарні перспективи до впровадження.

Для даного проекту доцільно обрати як варіант впровадження стратегію спеціалізації, яка в свою чергу передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Така стратегія пропонується до вибору, оскільки сам прилад є досить специфічним та вузьконаправленим, а отже орієнтуватися за таких умов доцільніше на потреби одного цільового сегменту.

У роботі досліджено можливість комерціалізації проекту. В подальшому імплементація даного стартап проекту є цілком доцільною, оскільки усі ризики, що постають покриваються можливостями, а також існує значний попит на системи подібного роду.

ВИСНОВКИ

Дана магістерська дисертація присвячена розробці лабораторного стенду для дослідження студентами роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем.

В ході виконання даної дисертації був проведений аналіз та отримані результати, згідно з яким, на даний момент на ринку не існує такого лабораторного стенду, що забезпечував би набуття студентами необхідних компетентностей. На основі цього аналізу була поставлені ряд задач щодо розробки лабораторного стенду, що був би побудований на основі мікроконтролерного модулю з вимірювальними датчиками та пристроєм виведення інформації, які виконані у вигляді модулів, що можуть підключатись до основного елементу.

Було розроблено структуру системи, обрано мікроконтролерний пристрій Arduino Uno як основний пристрій збору та обробки вимірюваної інформації. Обрано необхідний набір вимірювальних модулів, зважаючи на їх різноманітність у взаємодії з мікроконтролерним модулем, принципами роботи та вимірюваними фізичними величинами. Також обрано пристрій виведення інформації, що являє собою рідкокристалічний дисплей на основі мікроконтролеру HD44780. Також розроблено модуль зв'язку, що забезпечує обмін даними та сигналами керування між всіма складовими частинами.

Була визначена структура програмного забезпечення досліджуваних інформаційно-вимірювальних систем. Також визначені основні інструменти для розробки програмного забезпечення та продемонстровано приклад розробки програмного забезпечення для конкретної програмованої інформаційно-вимірювальної системи.

Також була проведена розробка стартап проекту та його комерціалізації, за основу якого взято лабораторний стенд, що пропонується. Досліджено попит на подібні розробки на ринку.

Окреслено конкурентоспроможність такого проекту на ринку та обрано стратегію впровадження на ринку.

Таким чином, усі поставлені у завданні до магістерської дисертації задачі було виконано в повному об'ємі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 152«Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки України від 19 листопада 2018 р. № 1263 [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/152-metrologiya-ta-informatsiyno-vimiryuvalna-tekhnika-bakalavr.pdf>
2. Автоматизированное рабочее место для инженера-метролога (АРМ«Метролог») (11 лаб. раб.) [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://labstand.ru/catalog/avtomatizirovannye_sistemy_izmereniya/avtomatizirovannoe_raboechee_mesto_dlya_inzhenera_metrologa_arm_metrolog_11_lab_rab_1615
3. Типовой комплект учебного оборудования "Промышленные датчики температуры", исполнение стендовое компьютерное, ПДТ-СК [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://labstand.ru/catalog/izmerenie_raskhoda_davleniya_temperatury/tipovoy_komplekt-uchebnogo-oborudovaniya-promyshlennye-datchiki-temperatury-ispolnenie-stendovoe-kom
4. Типовой комплект учебного оборудования «Электрические измерения и основы метрологии», исполнение настольное ручное [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://labstand.ru/catalog/osnovy_metrologii_i_elektricheskie_izmereniya/tipovoy_komplekt_uchebnogo_oborudovaniya_elektricheskie_izmereniya_i_osnovy_metrologii_nastolnyy_var_1607
5. Навчально-налагоджувальний стенд ST841/ПЛІС (V4.1) Методичні вказівки до лабораторних робіт. Паламар М.І., Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Паламар А.М. 2015.
6. Розробка віртуальних стендів на базі NI LabView для використання у дистанційному навчанні, 2008 О.В. Прудка.
7. Визначення та корекція метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки. Н.В. Глухова, І.В. Коваленко, М.А. Дороніна
8. Виртуальный лабораторный стенд "Методы и средства измерения давления" [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://labstand.ru/catalog/izmerenie_raskhoda_davleniya_temperatury/virtualnyy-laboratornyy-stend-metody-i-sredstva-izmereniya-davleniya-4435

9. Arduino Uno Datasheet [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
10. Temperature and Humidity Module DHT11 Product Manual [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/1400000-1499999/001405544-da-01-en-TEMP_UND_FEUCHTESENSOR_DHT11.pdf
11. 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf
12. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04 [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
13. Low Voltage Temperature Sensors Data Sheet MP35/TMP36/TMP37 [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/TMP35_36_37.pdf
14. HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver) [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
15. LED Drive Control Special Circuit TM1637 [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/Datasheet_TM1637.pdf
16. Плата розширення Arduino Sensor Shield V5.0 APC220 [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://freedelivery.com.ua/arduino-100/platy-rasshireniya-139/plata-rasshireniya-arduino-sensor-shield-v50-apc220-1276.html>
17. О платформе [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://alexgyver.ru/lessons/about-arduino/>
18. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ

A1. Публікація на XVIII Міжнародну науково-технічну конференцію “Приладобудування: стан і перспективи”

XVIII Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, 15-16 травня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

інформації виконується випадкове перемішування відліків між різними пакетами даних. При втраті пакетів повторна передача не виконується, а в пристрої обробки даних для відновлення втрачених відліків сигналу використовуються алгоритми апроксимації [2]. У такій системі частина обчислювальної роботи перекладається з автономного пристрою на пристрій обробки, який розшифровує та зберігає сигнал у зрозумілому для людини вигляді.

Використання технології Compressive Sensing має широкий потенціал для використання у вбудованих пристроях, які залежать від автономного джерела живлення. Це пов'язано з тим, що зменшення кількості переданих через канали бездротової передачі даних дозволяє продовжити час автономної роботи пристрою.

Ключові слова: Compressive Sensing, обробка даних

Література

- [1] Scholarpedia – the peer-reviewed open-access encyclopedia, [Електронний ресурс]: [Веб-сайт], http://www.scholarpedia.org/article/Sparse_coding – Sparse coding (доступ 9.03.2019).
- [2] Stanford - Unsupervised Feature Learning and Deep Learning, [Електронний ресурс]: [Веб-сайт], http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/Sparse_Coding – Sparse coding – Ufldl (доступ 10.03.2019).

УДК 621.317

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОГРАМОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Шилін Є. Л., Стаценко О. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: checkashylin@gmail.com, o.statsenko@kpi.ua*

Сучасні інформаційні вимірювальні системи (ІВС) представляють собою сукупність вимірювальних, обчислювальних та інших пристроїв, призначених для отримання вимірюваної інформації, її перетворення, обробки та передачі у необхідному вигляді для подальшого використання. В загальному випадку ІВС складається з ЕОМ та декількох вимірювальних каналів, кожен з яких містить первинний та вторинний вимірювальні перетворювачі, аналого-цифрові перетворювачі [1]. Досить часто до складу такої системи включають мікроконтролери або мікрокомп'ютери для керування процесом вимірювання та передачі даних до ЕОМ.

Вимоги до підготовки фахівців з метрології та інформаційно-вимірювальної техніки (ІВТ) визначаються стандартом вищої освіти, причому однією з основних компетентностей є здатність проектувати засоби ІВТ та описувати принцип їх роботи. Виходячи зі складу сучасних ІВС, формування у майбутніх фахівців даної компетентності передбачає отримання ними знань та набуття

XVIII Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, 15-16 травня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

навичок побудови вимірювальних перетворювачів, організації передачі даних в цифровому вигляді, застосування методів обробки вимірюваних даних та розробки програмного забезпечення мікроконтролерів.

Найефективнішим підходом для закріплення практичних навичок є виконання лабораторних робіт, які полягають у створенні окремих вимірювальних каналів ІВС, їх налагодженні та дослідженні. Базою для постановки таких лабораторних робіт може бути платформа Arduino [2]. До її складу входять: плати з мікроконтролерами сімейства ATmega, із записаною програмою-завантажувачем, що дозволяє використовувати їх без програматорів; програмного середовища Arduino IDE, яке дозволяє розроблювати та завантажувати програми до контролера та є безкоштовним. Крім того, розробка програмного забезпечення для контролерів може бути здійснена в середовищі Atmel Studio на мові програмування C++ з використанням компілятора AVR GCC.

Ключові слова: інформаційні вимірювальні системи, платформа Arduino.

Література

- [1] Г. Г. Раннев, *Измерительные информационные системы*. Москва, Россия: Изд. центр «Академия», 2010.
- [2] В. А. Петин, *Проекты с использованием контроллера Arduino*. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014.

УДК 621.317

**МЕТОД ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ В ЗАДАЧАХ
ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ**

Шумков Ю. С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

E-mail: yu.shumkov@gmail.com

Застосування випробувальних сигналів (ВС) спеціальної форми, які описуються сумами експонент, а також використання перехідних процесів для реалізації вибіркового перетворення дозволяє визначати або контролювати параметри лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами за допомогою відносно простих технічних засобів та забезпечує мінімальний час контролю. Адекватним математичним апаратом дискретного синтезу вказаних сигналів є наближення функцій експоненціальними сплайнами (ЕС) [1].

Такі сплайни можуть бути побудовані на основі функцій, які відповідають реальним сигналам в лінійних електричних колах як реакції на деякий стандартний імпульсний сигнал, тобто є зручними для генерації.

Під методом ЕС в задачах вимірювань розуміємо апроксимацію досліджуваних процесів сплайнами для одержання їх математичної моделі, тобто одержання апроксиманта в аналітичному вигляді, який потім використовується під час обробки вимірювальної інформації. Також безпосередньо генерацію ВС за допомогою фінітних базисних ЕС, де

А2. Публікація на XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні”

XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

УДК 621.317

*Є.Л. Шилін, студент гр. ВА-81МП, к.т.н. доцент Стаценко О.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Анотація. У даній статті пропонується підхід до побудови та загальна структура лабораторного стенду для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем з мікроконтролерами. Запропонований підхід дозволяє гнучко формувати структуру інформаційно-вимірювальної системи, здійснювати її налаштування та програмування.

Ключові слова: лабораторний стенд, модульна структура, інформаційно-вимірювальна система.

ВСТУП

Застосування і розвиток вимірювальної техніки обумовлені потребами практично всіх сфер людської діяльності. Забезпечення контролю та вимірювання різноманітних параметрів є невід'ємною частиною будь-якого технологічного процесу.

Для вирішення задач контролю, діагностики, визначення фізичних станів та багатьох інших задач використовують різні спеціалізовані програмовані інформаційно-вимірювальні пристрої та системи [1].

Через стрімкий розвиток інформаційної техніки та технологій спостерігається також і деяка зміна у підходах до побудови сучасних ІВС. Серед основних напрямків слід виділити перехід від аналогової електроніки до цифрової, широке застосування мікропроцесорної та комп'ютерної техніки, використання інформаційних технологій в процесі вимірювання та обробки отриманих даних. Такі зміни у підходах до побудови вимірювальної техніки формують нові вимоги до спеціалістів-розробників цієї техніки, що в свою чергу обумовлює зміни у підготовці вказаних фахівців.

При підготовці спеціалістів бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка” необхідним є набуття здобувачами вищої освіти фахових компетентностей [2], серед яких слід виділити наступні:

- здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принципи їх роботи;
- здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.

Крім того, вказаним компетентностям мають відповідати результати навчання, серед яких слід відзначити:

- вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації;
- вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач.

Для набуття вказаних компетентностей та результатів навчання необхідно

забезпечити проведення курсу лабораторних робіт, що передбачають створення, налаштування та дослідження різноманітних вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ

На даний момент існують різні види лабораторних стендів, які в тій, чи іншій мірі надають змогу отримувати здобувачами вищої освіти навички у побудові та дослідженні окремих складових інформаційно-вимірювальних систем. Прикладом такого стенду може бути «Навчально-налагоджувальний стенд ST841/ПЛІС (V4.1)» [3]. Недоліком таких стендів є їх висока вартість, обмежена кількість систем, що можуть бути досліджені та неможливість здійснювати гнучке налаштування системи.

Окрема увага приділяється створенню та використанню так званих віртуальних лабораторних стендів, що являють собою певне програмне забезпечення, яке симулює різні фізичні процеси і надає можливість студентам в досить невеликій мірі взаємодіяти з ними. Приклади таких стендів наведені в [4, 5]. Недоліками такого підходу є певна спрощеність побудованої системи, а, відповідно, неможливість її всебічного дослідження.

Тому, метою даної статті є визначення структури лабораторного стенду, що дозволить забезпечити можливість побудови, налаштування та дослідження різноманітних інформаційно-вимірювальних систем.

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ

Основною направленістю при розробці структури лабораторного стенду для дослідження роботи програмованих інформаційно-вимірювальних систем є модульність. Такий напрям було обрано з розрахунку на якомога більшу варіативність у розробці лабораторних робіт, які можна буде виконати, використовуючи дану систему.

В зв'язку з цим пропонується використовувати структура лабораторного стенду (рис.1), яка складається з наступних модулів:

1. Процесорний модуль
2. Вимірювальні модулі (вимірювальний датчик та вторинний перетворювач)
3. Модуль індикації
4. Модуль з'єднань

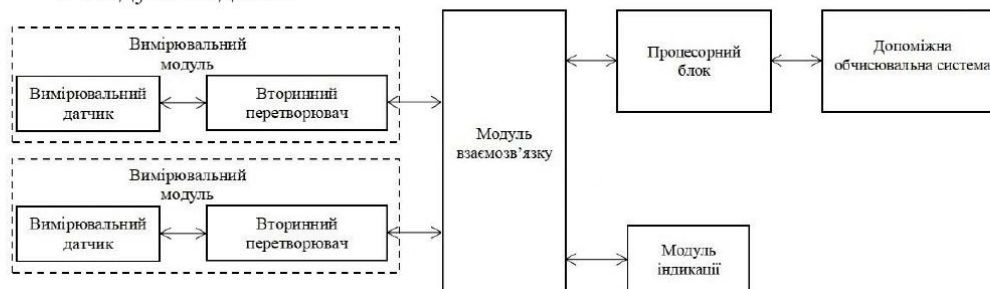


Рисунок 1. Узагальнена структурна схема лабораторного стенду

В якості вимірювальних модулів передбачається використання готових вимірювальних датчиків з аналоговим та цифровим вихідним сигналом. Деякі з цих датчиків випускаються у вигляді готових модулів, що вміщують, як сам датчик, так і вторинний перетворювач. Інші датчики передбачаються використання окремих схем вторинних перетворювачів. Тому надалі розглядати будемо вимірювальні датчики та вторинні перетворювачі саме як вимірювальні модулі. До них можна віднести модулі вимірювання як електричних так і неелектричних величин.

В якості процесорного модуля доцільно використати мікроконтролерні ознайомлювальні плати, наприклад, плати серії Arduino, на яких встановлено 8-бітний мікроконтролер Atmega328. Даний процесорний модуль може бути підключений до персонального комп'ютера, що забезпечує гнучкість налаштування та програмування.

Для відображення вимірюваної інформації використовується модуль індикації, в якості якого доцільно використати рідкокристалічний індикатор з контролером HD44780. Такі індикатори набули широкого застосування у різноманітних приладах та є доволі дешевим рішенням.

За допомогою модуля з'єднань здійснюється обмін даними між всіма іншими складовими системи. Цей модуль представляє собою друковану плату з розміщеними на ній відповідними виводами. Крім того, за допомогою цього модуля може бути організований зв'язок між декількома такими системами.

ВИСНОВКИ

Запропонована структура стенда для дослідження інформаційно-вимірювальних систем надає змогу здійснювати налаштування та програмування систем різної конфігурації, що в свою чергу дозволить забезпечити набуття необхідних компетентностей здобувачам вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Раннев Г.Г. Измерительные информационные системы / Г.Г. Раннев. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 336 с.
- [2] Стандарт вищої освіти за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки України від 19 листопада 2018 р. № 1263 [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/152-metrologiya-ta-informatsiyno-vimiryuvalna-tekhnika-bakalavr.pdf>
- [3] Паламар М.І., Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Паламар А.М. Проектування пристроїв і вузлів інформаційно-вимірювальних систем та створення програмного забезпечення на базі навчально-налагоджувального стенда. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт з дисциплін «Проектування інформаційно-вимірювальних

- систем», «Мікропроцесори і ЕОМ», «Проектування приладів і систем на основі мікроконтролерів». – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 76 с.
- [4] Виртуальный лабораторный стенд "Информационно измерительная техника" / ООО НПП «Учтех-Профи». Режим доступа: http://labstand.ru/catalog/virtualnye_stendy_po_informatsionno_izmeritelnoy_tekhnike/virtualnyy-laboratornyy-stend-informatsionno-izmeritelnaya-tekhnika.
- [5] Прудка О.В. Створення віртуальних стендів для дистанційного курсу «Методи вимірювання фізичних величин»: нові технології // Науковий вісник КУЕІТУ. – К.: КУЕІТУ, 2007. – № 1 – 2 (15 – 16). – С. 222-225.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Стаценко О.В.